

TUGAS AKHIR - KS 1501

**OPTIMASI PERENCANAAN DISTRIBUSI PRODUK
MENGUNAKAN METODE FUZZY MULTI-
OBJECTIVE LINEAR PROGRAMMING (FMOLP)
(STUDI KASUS: PT. PETROKIMIA GRESIK
(PERSERO))**

**ASWITA
NRP 5211 100 060**

**Dosen Pembimbing
Wiwik Anggraeni, S.Si, M.Kom**

**JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

FINAL PROJECT - KS 1501

OPTIMIZATION OF PRODUCT DISTRIBUTION PLANNING USING FUZZY MULTI-OBJECTIVE LINEAR PROGRAMMING (FMOLP) METHOD (CASE STUDY: PT. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO))

**ASWITA
NRP 5211 100 060**

**Supervisor
Wiwik Anggraeni, S.Si, M.Kom**

**DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS
Faculty of Information Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PERENCANAAN DISTRIBUSI PRODUK MENGUNAKAN METODE FUZZY MULTI- OBJECTIVE LINEAR PROGRAMMING (FMOLP) (STUDI KASUS: PT. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO))

TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ASWITA

NRP 5211 100 060

Surabaya, Maret 2015



Dr. Eng. Felichian Samopa, S.Kom., M.Kom.

NIP 19730219 199802 1 001

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI PERENCANAAN DISTRIBUSI PRODUK MENGUNAKAN METODE FUZZY MULTI- OBJECTIVE LINEAR PROGRAMMING (FMOLP) (STUDI KASUS: PT. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO))

TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ASWITA

NRP 5211 100 060

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 19 Maret 2015
Periode Wisuda : September 2015

Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

(Pembimbing I)

Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Penguji I)

Sholiq, S.T., M.Kom., M.SA.

(Penguji II)

**OPTIMASI PERENCANAAN DISTRIBUSI PRODUK
MENGUNAKAN METODE FUZZY MULTI-
OBJECTIVE LINEAR PROGRAMMING (FMOLP)
(STUDI KASUS: PT. PETROKIMIA GRESIK
(PERSERO))**

Nama Mahasiswa : Aswita
NRP : 5211 100 060
Jurusan : Sistem Informasi FTIF-ITS
Pembimbing 1 : Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

ABSTRAK

Distribution Planning Decision (DPD) merupakan permasalahan yang mencakup optimasi rencana distribusi untuk menentukan berapa jumlah komoditas yang harus didistribusikan dari sumber ke tujuan. Dalam permasalahan DPD, data masukan sering kali bersifat fuzzy atau tidak tepat karena informasi yang tidak lengkap atau tidak tersedia.

Tugas akhir ini mengembangkan model Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (FMOLP) dengan fungsi keanggotaan piecewise linear untuk menyelesaikan permasalahan DPD dengan lebih dari satu fungsi tujuan dalam lingkungan yang bersifat fuzzy. Model yang diusulkan pada tugas akhir ini bertujuan untuk meminimalkan total biaya distribusi dan total waktu distribusi dengan mempertimbangkan batasan persediaan, hasil peramalan permintaan, dan alokasi. Permintaan produk pada pengerjaan tugas akhir ini diramalkan selama 1 tahun mendatang dengan menggunakan metode Winter (Triple Exponential Smoothing).

Model yang diusulkan pada tugas akhir ini menggabungkan dua fungsi tujuan menjadi fungsi tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan. Hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah model FMOLP yang menggambarkan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik

(Persero), jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang utama ke masing-masing gudang penyangga di wilayah Jawa Timur, dan tingkat kepuasan pengambil keputusan. Rata-rata solusi tingkat kepuasan pengambil keputusan yang dihasilkan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah sebesar 0.93662 sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi tujuan meminimalkan total biaya distribusi dan total waktu distribusi terpenuhi pada level 0.93662 dari skala 0 sampai dengan 1. Keuntungan dari model yang diusulkan adalah memungkinkan pengambil keputusan untuk memodifikasi model dan parameter dari FMOLP sehingga mendapatkan hasil dan tingkat kepuasan pengambil keputusan yang optimal.

Kata kunci : Distribution Planning Decision, optimasi perencanaan distribusi, Fuzzy Multi-Objective Linear Programming, fungsi keanggotaan piecewise linear, Winter

**OPTIMIZATION OF PRODUCT DISTRIBUTION
PLANNING USING FUZZY MULTI-OBJECTIVE
LINEAR PROGRAMMING (FMOLP) METHOD
(CASE STUDY: PT. PETROKIMIA GRESIK
(PERSERO))**

Student Name : Aswita
NRP : 5211 100 060
Department : Sistem Informasi FTIF-ITS
Supervisor 1 : Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

ABSTRACT

Distribution Planning Decision (DPD) is a problem that includes optimization of distribution planning to determine how many commodities that should be distributed from the source to the destination. In DPD problem, the input data are often fuzzy or imprecise because the information is incomplete or unavailable.

This final project develops Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (FMOLP) model with piecewise linear membership functions to solve DPD problem with more than one objective functions in a fuzzy environment. The model proposed in this final project aims to minimize the total cost of distribution and the total time of distribution by considering the constraint of supply, demand forecasting result, and allocation. Product demand in this final project is foreseen for the next 1 year using Winter (Triple Exponential Smoothing) method.

The model proposed in this final project combines two objective function into the objective function to maximize the satisfaction level of decision maker. The results obtained from this final project is a FMOLP model that describes the distribution process of PT. Petrokimia Gresik (Persero), the number of products that should be distributed from the main

warehouse to each buffer warehouse in East Java, and the satisfaction level of decision maker. The average satisfaction level of decision maker solutions generated in this final project is at 0.93662 so that it can be said that the objective function to minimize the total cost of distribution and the total time of distribution is satisfied at the level of 0.93662 on a scale of 0 to 1. The advantage of the proposed model is to allow decision makers to modify the model and the parameters of FMOLP to get the optimal results and satisfaction level of decision maker.

Keywords : Distribution Planning Decision, optimization of distribution planning, Fuzzy Multi-Objective Linear Programming, piecewise linear membership function, Winter

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul:

**OPTIMASI PERENCANAAN DISTRIBUSI PRODUK
MENGUNAKAN METODE *FUZZY MULTI-
OBJECTIVE LINEAR PROGRAMMING (FMOLP)*
(STUDI KASUS: PT. PETROKIMIA GRESIK
(PERSERO))**

yang disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terima kasih untuk seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini. Secara khusus penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- Ibu Dra. Marleli, selaku Manajer Teknologi Informasi PT. Petrokimia Gresik yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian di PT. Petrokimia Gresik.
- Bapak Budi Setiawan, S.Kom., selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Bapak Dr. Eng. Febriliyan Samopa, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Sistem Informasi ITS.
- Ibu Wiwik Anggraeni S.Si., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, wawasan, dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Ibu Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Sholih S.T., M.Kom., M.SA., selaku dosen penguji yang

telah memberikan kritik dan masukan yang bersifat membangun untuk peningkatan kualitas tugas akhir ini.

- Ibu Hanim Maria Astuti, S.Kom., M.Sc., selaku dosen wali penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Sistem Informasi ITS.
- Kedua orang tua penulis, Edi Widiastomo dan Susilowati, saudara-saudara penulis, Astari Widiastomo, Astrini, dan Assyifa, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kekuatan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Teman-teman terbaik penulis, Yusrida Muflihah, Maya Previana Syafitri, Cynthia Savrilla Vidyani, dan Reaulia Nadine Rachmat, yang selalu mendukung, membantu, serta menyumbangkan pikiran dan sarannya dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Teman-teman angkatan 2011 Jurusan Sistem Informasi ITS yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menambah referensi penelitian dalam bidang optimasi khususnya implementasi metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dalam menyelesaikan permasalahan perencanaan distribusi. Akhir kata, menyadari masih terdapat ketidak sempurnaan dalam pengerjaan tugas akhir ini, sehingga kritik dan saran membangun akan bermanfaat bagi penulis.

Surabaya, Maret 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR SEGMENT KODE PROGRAM.....	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Relevansi.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Studi Sebelumnya	7
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Proses Distribusi	9
2.2.2 Optimasi.....	14
2.2.3 <i>Fuzzy Multi-Objective Distribution Planning Decision (DPD) Problem</i>	16
2.2.4 Fungsi Keanggotaan	16

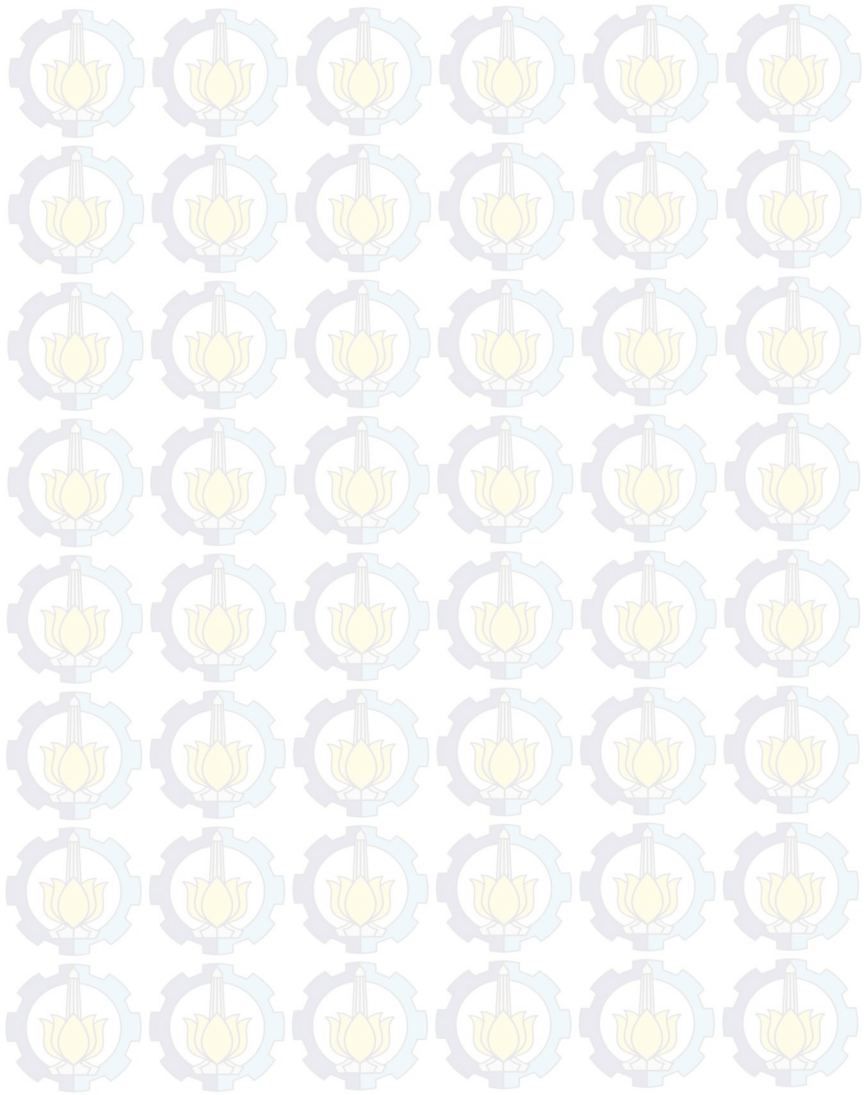
2.2.5	<i>Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (FMOLP)</i>	20
2.2.6	Peramalan	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Studi Literatur	27
3.2	Pengumpulan Data	27
3.3	Penghitungan <i>Single Objective Linear Programming</i> 29	
3.3.1	Perumusan Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	30
3.3.2	Penginputan Data	30
3.3.3	Pengubahan Nilai Permintaan dan Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis..	30
3.3.4	Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot <i>Fuzzy</i>	31
3.3.5	Pengimplementasian Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	31
3.3.6	Penyelesaian Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	31
3.4	Penentuan Derajat Keanggotaan	32
3.5	Penggambaran Fungsi Keanggotaan <i>Piecewise Linear</i>	32
3.6	Perumusan Persamaan Linear Fungsi Keanggotaan <i>Piecewise Linear</i>	32
3.6.1	Penghitungan Nilai <i>Slope (tge)</i>	33
3.6.2	Penghitungan Nilai Alfa, Beta, dan Gamma	33
3.6.3	Penambahan Variabel Deviational Non Negatif	34
3.7	Penambahan Variabel Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan	35
3.8	Penyelesaian Model FMOLP	35

3.9	Verifikasi	36
3.10	Peramalan Permintaan	36
3.10.1	Penentuan Hasil Peramalan Permintaan	36
3.10.2	Penentuan <i>Error</i> Hasil Peramalan dengan Menggunakan MAPE	37
3.10.3	Penentuan Nilai Optimal Parameter Alfa, Beta, dan Gamma.....	37
3.11	Penyusunan Buku Laporan Tugas Akhir	37
BAB IV	PERANCANGAN	39
4.1	Deskripsi Permasalahan	39
4.2	Perancangan Data	41
4.3	Penghitungan <i>Single Objective Linear Programming</i> 51	
4.3.1	Perumusan Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	51
4.3.2	Penginputan Data.....	57
4.3.3	Pengubahan Nilai Permintaan dan Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis ..	59
4.3.4	Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot <i>Fuzzy</i>	60
4.3.5	Pengimplementasian Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	62
4.3.6	Penyelesaian Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	71
4.4	Penghitungan <i>Fuzzy Multi-Objective Linear Programming</i>	72
4.3.1	Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP	74
4.3.2	Pengimplementasian Batasan FMOLP	74
4.3.1	Pengimplementasian Penyelesaian FMOLP	86

BAB V IMPLEMENTASI.....	89
5.1 Penghitungan <i>Single Objective Linear Programming</i>	89
5.1.1 Penginputan Data.....	89
5.1.2 Pengubahan Nilai Permintaan dan Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis..	91
5.1.3 Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot <i>Fuzzy</i>	93
5.1.4 Pengimplementasian Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	94
5.1.5 Penyelesaian Model <i>Single Objective Linear Programming</i>	99
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	101
6.1 Penghitungan <i>Single Objective Linear Programming</i>	101
6.2 Penentuan Derajat Keanggotaan	101
6.3 Penggambaran Fungsi Keanggotaan <i>Piecewise Linear</i>	102
6.4 Perumusan Persamaan Linear Fungsi Keanggotaan <i>Piecewise Linear</i>	104
6.4.1 Penghitungan Nilai <i>Slope (tge)</i>	104
6.4.2 Penghitungan Nilai Alfa, Beta, dan Gamma.....	106
6.4.3 Penambahan Variabel Deviational Non Negatif ...	112
6.5 Penambahan Variabel Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan	112
6.6 Penyelesaian Model FMOLP	116
6.6.1 Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP	117
6.6.2 Pengimplementasian Batasan FMOLP	117
6.6.3 Pengimplementasian Penyelesaian FMOLP	126

6.7	Hasil Penyelesaian FMOLP	127
6.8	Analisis Hasil	131
6.9	Verifikasi	133
6.10	Peramalan Permintaan	143
6.10.1	Penentuan Hasil Peramalan Permintaan	144
6.10.2	Penentuan <i>Error</i> Hasil Peramalan dengan Menggunakan MAPE	154
6.10.3	Penentuan Nilai Optimal Parameter Alfa, Beta, dan Gamma	156
6.11	Pemberian Rekomendasi Jumlah Produk yang Harus Didistribusikan	162
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		165
7.1	Kesimpulan	165
7.2	Saran	166
DAFTAR PUSTAKA		169
BIODATA PENULIS		173

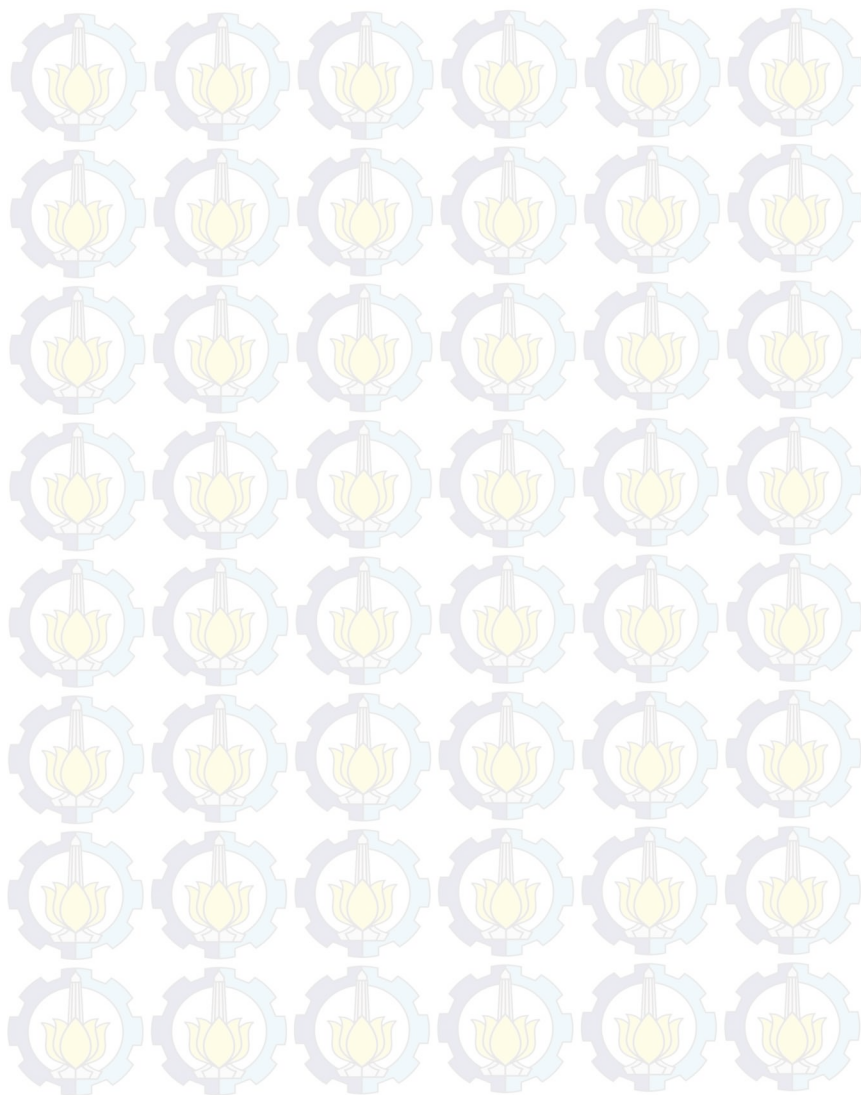
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Sebelumnya.....	7
Tabel 2. 2 Kriteria MAPE	26
Tabel 4. 1 Persentase Jumlah Persediaan Masing-Masing Jenis Pupuk pada Gudang	41
Tabel 4. 2 Data Realisasi Penjualan Tahun 2013	42
Tabel 4. 3 Data Realisasi Penjualan Tahun 2014	44
Tabel 4. 4 Data Alokasi Tahun 2013.....	46
Tabel 4. 5 Data Alokasi Tahun 2014.....	48
Tabel 4. 6 Persentase Faktor yang Mempengaruhi Penurunan dan Peningkatan Permintaan	50
Tabel 4. 7 Persentase Faktor yang Mempengaruhi Penurunan dan Peningkatan Alokasi	50
Tabel 6. 1 Hasil Penghitungan <i>Single Objective Linear Programming</i>	101
Tabel 6. 2 Derajat Keanggotaan	102
Tabel 6. 3 Solusi Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan, Biaya, dan Waktu Distribusi Optimal	127
Tabel 6. 4 Solusi Jumlah Produk yang Harus Didistribusikan dari Gudang Gresik ke Masing-Masing Gudang Penyangga	129
Tabel 6. 5 Perbandingan Hasil	131
Tabel 6. 6 Hasil Peramalan Permintaan Tahun 2015	158
Tabel 6. 7 Nilai MAPE, Alfa, Beta, dan Gamma Optimal ..	160
Tabel 6. 8 Solusi Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan, Biaya, dan Waktu Distribusi Optimal untuk Tahun 2015.....	162
Tabel 6. 4 Solusi Jumlah Produk yang Harus Didistribusikan dari Gudang Gresik ke Masing-Masing Gudang Penyangga Tahun 2015	163

Halaman ini sengaja dikosongkan



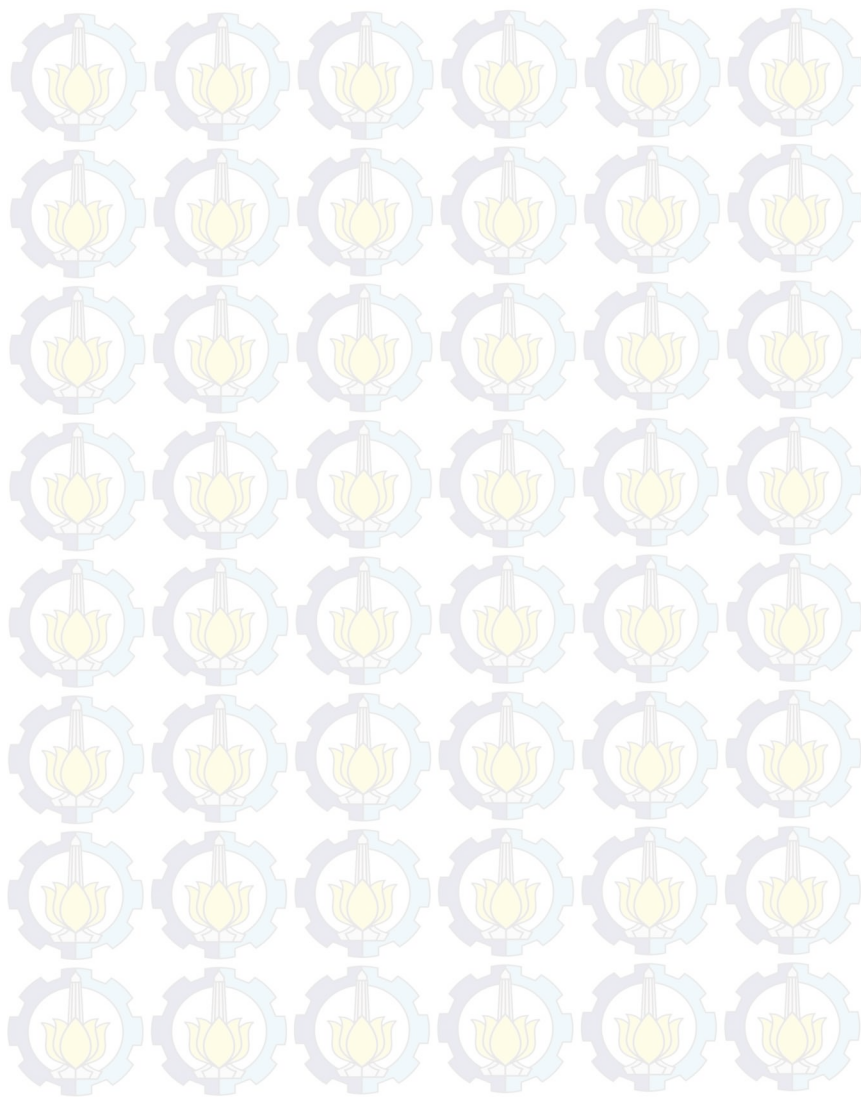
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Saluran Distribusi.....	10
Gambar 2. 2	Grafik Fungsi Keanggotaan Linear.....	18
Gambar 2. 3	Fungsi Keanggotaan Piecewise Linear untuk Z1	19
Gambar 2. 4	Fungsi Keanggotaan Piecewise Linear untuk Z2	19
Gambar 3. 1	Metodologi Penelitian	28
Gambar 4. 1	Permasalahan Distribution Planning Decision (DPD) pada PT. Petrokimia Gresik (Persero) .	40
Gambar 4. 2	Diagram Alur Penginputan Data	58
Gambar 4. 3	Diagram Alur Pengubahan Nilai Permintaan menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis	60
Gambar 4. 4	Diagram Alur Pengubahan Nilai Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis	61
Gambar 4. 5	Diagram Alur Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot Fuzzy	62
Gambar 4. 6	Diagram Alur Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi	64
Gambar 4. 7	Diagram Alur Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Waktu Distribusi.....	65
Gambar 4. 8	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan...	66
Gambar 4. 9	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Persediaan	68
Gambar 4. 10	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Permintaan	69
Gambar 4. 11	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Alokasi	70
Gambar 4. 12	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah.....	71
Gambar 4. 13	Diagram Alur Penyelesaian Model Single Objective Linear Programming	72

Gambar 4. 14	Diagram Alur Penginisialisasian Variabel Deviational Non Negatif	73
Gambar 4. 15	Diagram Alur Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP	75
Gambar 4. 16	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan FMOLP	75
Gambar 4. 17	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Pertama FMOLP	77
Gambar 4. 18	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Kedua FMOLP	79
Gambar 4. 19	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Ketiga FMOLP	80
Gambar 4. 20	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Keempat FMOLP	81
Gambar 4. 21	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Kelima FMOLP	83
Gambar 4. 22	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Keenam FMOLP	84
Gambar 4. 23	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Ketujuh FMOLP	85
Gambar 4. 24	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Kedelapan FMOLP	87
Gambar 4. 25	Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah FMOLP	88
Gambar 4. 26	Diagram Alur Penyelesaian Model FMOLP ..	88
Gambar 6. 1	Piecewise Linear Membership Function Z1..	103
Gambar 6. 2	Piecewise Linear Membership Function Z2..	103
Gambar 6. 3	Grafik Realisasi Penjualan Tahun 2013 dan 2014	144
Gambar 6. 4	Proses Regression pada Microsoft Excel	145
Gambar 6. 5	Hasil Regression	146
Gambar 6. 6	Hasil Penghitungan Deseasonalized Demand	147
Gambar 6. 7	Hasil Penghitungan Deseasonalized Demand pada Periode t	148
Gambar 6. 8	Hasil Penghitungan Faktor Musiman	149
Gambar 6. 9	Hasil Penghitungan Level	150

Gambar 6. 10 Hasil Penghitungan Trend.....	151
Gambar 6. 11 Hasil Penghitungan Faktor Seasonal Siklus Periode Musiman Pertama	151
Gambar 6. 12 Hasil Penghitungan Faktor Seasonal Siklus Periode Musiman Kedua dan Terakhir	152
Gambar 6. 13 Hasil Peramalan dengan Data Histori	153
Gambar 6. 14 Hasil Peramalan Tanpa Data Histori.....	153
Gambar 6. 15 Hasil Penghitungan Error Hasil Peramalan dengan Menggunakan MAPE	154
Gambar 6. 16 Hasil Penghitungan Percentage Error	155
Gambar 6. 17 Hasil Penghitungan Absolute Percentage Error	156
Gambar 6. 18 Proses Penentuan Parameter Solver pada Microsoft Excel.....	157
Gambar 6. 19 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dan Nilai Peramalan.....	161

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR SEGMENT KODE PROGRAM

Segment Kode Program 5. 1 Penginputan Data	90
Segment Kode Program 5. 2 Pengubahan Nilai Permintaan menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis ...	92
Segment Kode Program 5. 3 Pengubahan Nilai Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis ...	93
Segment Kode Program 5. 4 Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot Fuzzy	94
Segment Kode Program 5. 5 Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi	95
Segment Kode Program 5. 6 Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Waktu Distribusi	95
Segment Kode Program 5. 7 Pengimplementasian Batasan	96
Segment Kode Program 5. 8 Pengimplementasian Batasan Persediaan	97
Segment Kode Program 5. 9 Pengimplementasian Batasan Permintaan	97
Segment Kode Program 5. 10 Pengimplementasian Batasan Alokasi	98
Segment Kode Program 5. 11 Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah	99
Segment Kode Program 5. 12 Penyelesaian Model Single Objective Linear Programming	99
Segment Kode Program 6. 1 Penginisialisasian Variabel Deviational Non Negatif	116
Segment Kode Program 6. 2 Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP	117
Segment Kode Program 6. 3 Pengimplementasian Batasan ..	118
Segment Kode Program 6. 4 Pengimplementasian Batasan Pertama FMOLP	119
Segment Kode Program 6. 5 Pengimplementasian Batasan Kedua FMOLP	120
Segment Kode Program 6. 6 Pengimplementasian Batasan Ketiga FMOLP	121

Segmen Kode Program 6. 7 Pengimplementasian Batasan Keempat FMOLP	122
Segmen Kode Program 6. 8 Pengimplementasian Batasan Kelima FMOLP	123
Segmen Kode Program 6. 9 Pengimplementasian Batasan Keenam FMOLP	124
Segmen Kode Program 6. 10 Pengimplementasian Batasan Ketujuh FMOLP	125
Segmen Kode Program 6. 11 Pengimplementasian Batasan Kedelapan FMOLP	125
Segmen Kode Program 6. 12 Inisialisasi Batas Bawah dan Batas Atas Hasil	126
Segmen Kode Program 6. 13 Pengimplementasian Penyelesaian FMOLP	126

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T.-F. Liang, *Applying Interactive Fuzzy Multi-Objective Linear Programming to Transportation Planning Decisions*, **Journal of Information and Optimization Sciences**, pp. 107-126, 2006.
- [2] L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets*, **Information and Control** **8**, pp. 338-353, 1965.
- [3] S. Fereidouni, *Solving Traveling Salesman Problem by Using a Fuzzy Multi-Objective Linear Programming*, **African Journal of Mathematics and Computer Science Research** Vol. **4**, pp. 339-349, 2011.
- [4] R. Chopra and R. R. Saxena, *Model for Solving Fuzzy Multiple Objective Problem*, **American Journal of Operations Research**, pp. 65-69, 2013.
- [5] S. Chopra and P. Meindl, **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation Third Edition**. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc., 2007.
- [6] D. J. Bowersox, D. J. Closs, and M. B. Coope, **Supply Chain Logistics Management**. New York: McGraw-Hill, 2002.

- [7] I. Griva, S. G. Nash, and A. Sofer, **Linear and Nonlinear Optimization: Second Edition**. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2009.
- [8] S. Mulyono, **Riset Operasi (Edisi Revisi 2007)**. Jakarta: Lembaga Penerbit FEUI, 2007.
- [9] H. J. Zimmermann, **Fuzzy Set Theory and Its Application**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991.
- [10] E. L. Hannan, *Linear Programming with Multiple Fuzzy Goals*, **Fuzzy Sets and Systems** 6, pp. 235-248, 1981.
- [11] H.-Z. Huang, Y. Li, and Y. Liu, *Posbist Reliability Theory of k-out-of-n: G System*, **J. of Mult.-Valued Logic & Soft Computing**, vol. 16, pp. 45-63, 2010.
- [12] S. Nazari-Shirkouhi, H. Shakouri, B. Javadi, and A. Keramati, *Supplier Selection and Order Allocation Problem Using a Two-Phase Fuzzy Multi-Objective Linear Programming*, **Applied Mathematical Modelling**, vol. 37, pp. 9308-9323, May 2013.
- [13] T.-F. Liang, C.-Y. Yang, P.-Y. Chen, and K.-H. Shen, *Application of Fuzzy Programming Approach to*

Multi-Objective Aggregate Production Planning Decisions, **Hsiuping Institute of Technology**.

- [14] B. Jana and T. K. Roy, *Multi-Objective Fuzzy Linear Programming and Its Application in Transportation Model*, **Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences**, pp. 243-268, 2005.
- [15] H. J. Zimmermann, *Description and Optimization of Fuzzy Systems*, **International Journal of General Systems**, pp. 209-215, 1976.
- [16] H. J. Zimmermann, *Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions*, **Fuzzy Sets and Systems**, pp. 45-55, 1978.
- [17] R. J. Hyndman, S. G. Makridakis, and S. C. Wheelwright, **Forecasting: Methods and Applications 3rd ed.** New York: Wiley, 1998.
- [18] S. Mulyono, **Peramalan Bisnis dan Ekonometrika Edisi ke-1**. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Ekonomi Yogyakarta, 2000.
- [19] J. E. Hanke, D. W. Wichern, and A. G. Reitsch, **Peramalan Bisnis**. Jakarta: PT. Prenhallindo, 2003.
- [20] R. J. Hyndman, A. B. Koehler, J. K. Ord, and R. D. Snyder, **Forecasting with Exponential**

Smoothing. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

[21] P.-C. Chang, Y.-W. Wang, and C.-H. Liu, *The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural, Expert Systems with Application*, no. 32, pp. 86-96, 2007.

[22] Y.-J. Lai and C.-L. Hwang, *A New Approach to Some Possibilistic Linear Programming Problems, Fuzzy Sets and Systems*, vol. 49, no. 2, pp. 121-133, Jul. 1992.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Madiun, 12 Mei 1994, anak ke-3 dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Negeri Endrakila Madiun, SMP Negeri 1 Madiun, dan SMA Negeri 2 Madiun.

Pada tahun 2011, penulis diterima di Jurusan Sistem Informasi FTIF – Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN tulis. Di jurusan tersebut penulis terdaftar dengan NRP

5211100060.

Di Jurusan Sistem Informasi ini penulis mengambil bidang minat *Decision Support System and Business Intelligence*. Selama menempuh pendidikan S1, penulis juga menjadi asisten dosen dan asisten praktikum untuk mata kuliah Pengantar Sistem Informasi dan Kalkulus dan Aljabar Linear.

Selain itu, penulis juga mengikuti organisasi mahasiswa, yaitu sebagai Ketua Divisi Akademik Departemen Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi.

Penulis dapat dihubungi melalui email aswitawidiastomo@gmail.com untuk keperluan penelitian.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah yang menyebabkan studi kasus ini diangkat menjadi tugas akhir, perumusan masalah pengerjaan tugas akhir, batasan masalah pengerjaan tugas akhir, tujuan pengerjaan tugas akhir, manfaat yang dapat diambil dari hasil tugas akhir, serta relevansi hasil tugas akhir terhadap bidang keilmuan jurusan dan laboratorium.

1.1 Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik (Persero) merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dalam sektor pertanian dan merupakan pabrik pupuk terlengkap di Indonesia dengan produk unggulan berupa pupuk phonska. Saat ini, PT. Petrokimia Gresik (Persero) telah memiliki 612 distributor yang tersebar di seluruh Kabupaten di Indonesia. Masing-masing distributor pada setiap Kabupaten memiliki permintaan pupuk yang jumlahnya berfluktuasi dan tidak pasti serta dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu, salah satunya adalah masa tanam. Namun, terdapat permasalahan dalam proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero) dimana pupuk sering kali tidak dapat sampai ke tangan distributor dengan tepat waktu walaupun distributor telah melakukan pembayaran. Oleh karena itu, PT. Petrokimia Gresik (Persero) dituntut untuk mampu menetapkan perencanaan distribusi untuk setiap kategori produk guna memenuhi permintaan konsumen. Perencanaan distribusi tersebut meliputi jumlah komoditas pupuk yang harus dikirimkan dari gudang Gresik ke gudang penyangga. Selain itu, PT. Petrokimia Gresik (Persero) juga harus memperhatikan waktu dan biaya dalam proses distribusi agar waktu yang dibutuhkan dan biaya yang dikeluarkan dapat seminimal mungkin serta memberikan keuntungan optimal bagi PT. Petrokimia Gresik (Persero).

Dalam membuat perencanaan distribusi yang baik, tentunya diperlukan data-data yang akurat. Namun, dalam permasalahan di dunia nyata, beberapa data yang digunakan untuk membuat perencanaan distribusi bukan merupakan data akurat, melainkan berupa data perkiraan yang tidak dapat dipastikan jumlahnya dengan jelas. Data-data seperti permintaan pasar yang terus berubah dan koefisien lain yang terkait dengan lingkungan biasanya bersifat *fuzzy* atau tidak tepat. Hal tersebut dapat disebabkan oleh informasi yang tidak lengkap atau tidak tersedia. [1]

Untuk menyelesaikan permasalahan dengan data yang bersifat tidak pasti, digunakan teori himpunan *fuzzy* yang diperkenalkan pertama kali oleh Zadeh [2]. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Liang [1], model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dengan fungsi keanggotaan linear dikembangkan untuk memecahkan permasalahan *Transportation Planning Decision* (TPD) yang memiliki beberapa tujuan *fuzzy*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah meminimalkan total biaya produksi dan transportasi serta total waktu pengiriman dengan mengacu kepada kapasitas yang tersedia di masing-masing sumber dan perkiraan permintaan di setiap tujuan. Hasil dari penelitian tersebut adalah solusi berapa banyak unit yang harus dikirimkan dari setiap sumber ke setiap tujuan sehingga semua permintaan dapat terpenuhi dengan total biaya transportasi minimum serta tingkat kepuasan pengambil keputusan maksimal. Dari hasil penelitian tersebut, penulis mengatakan bahwa metode FMOLP sesuai untuk permasalahan TPD dengan tujuan lebih dari satu serta dapat memberikan efisiensi komputasi yang lebih besar dan pembelajaran yang lebih fleksibel daripada pendekatan *crisp linear programming* dan *fuzzy programming* konvensional dalam lingkungan *fuzzy*. Selain itu, model FMOLP memberikan kerangka sistematis yang memfasilitasi pengambilan keputusan yang memungkinkan pengambil keputusan untuk secara interaktif memodifikasi data *fuzzy* dan parameter sampai menemukan solusi yang memuaskan.

Selain penelitian tersebut di atas, penelitian oleh Fereidouni [3] mengembangkan model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dengan fungsi keanggotaan *piecewise linear* dalam menyelesaikan *multi-objective Traveling Salesman Problem* (TSP). Tujuan dari penelitian tersebut adalah meminimalkan biaya, jarak, dan waktu. Hasil dari penelitian tersebut adalah solusi rute terpendek dengan biaya dan waktu minimum serta tingkat kepuasan pengambil keputusan maksimal. Dari hasil penelitian tersebut yang kemudian dibandingkan dengan metode yang telah ada yaitu pendekatan Zimmerman dan Hannan, penulis mengatakan bahwa model FMOLP dengan fungsi keanggotaan *piecewise linear* merupakan metode optimasi yang efektif dan fleksibel serta menghasilkan keseluruhan tingkat kepuasan pengambil keputusan yang lebih tinggi.

Penelitian sebelumnya lain oleh Chopra & Saxena [4] menerapkan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) untuk menyelesaikan permasalahan *multi-objective Distribution Planning Decision* (DPD). Tujuan dari penelitian tersebut adalah meminimalkan biaya dan memaksimalkan keuntungan dengan mengacu kepada batasan pasokan yang tersedia di masing-masing sumber, perkiraan permintaan di setiap tujuan, dan total anggaran. Hasil dari penelitian tersebut adalah solusi optimasi perencanaan distribusi untuk menyalurkan barang dari beberapa sumber ke beberapa tujuan dalam rantai pasok. Dari hasil penelitian tersebut, penulis mengatakan bahwa metode FMOLP menyediakan kerangka kerja sistematis yang memfasilitasi proses pengambilan keputusan yang memungkinkan pengambil keputusan untuk secara interaktif memodifikasi data *fuzzy* dan parameter terkait sampai seperangkat solusi yang memuaskan diperoleh.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, dapat diketahui bahwa metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) cocok untuk menyelesaikan permasalahan dengan lebih dari satu fungsi tujuan dalam lingkungan yang bersifat *fuzzy*. Hal ini sesuai dengan kondisi

dari PT. Petrokimia Gresik (Persero) sehingga dalam tugas akhir ini akan digunakan metode FMOLP dengan fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk menentukan jumlah komoditas pupuk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga milik PT. Petrokimia Gresik (Persero) dengan tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi dengan mempertimbangkan batasan persediaan produk di gudang Gresik, permintaan produk di setiap Kabupaten, dan alokasi produk untuk setiap Kabupaten. Keuntungan utama dari model yang diusulkan adalah memungkinkan pengambil keputusan untuk memodifikasi model dan parameter sehingga mendapatkan hasil dan tingkat kepuasan pengambil keputusan yang optimal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, berikut adalah perumusan masalah yang dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini:

1. Bagaimana hasil modifikasi model dengan metode FMOLP yang sesuai dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero)?
2. Bagaimana hasil optimasi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga untuk dapat memberikan keuntungan optimal bagi perusahaan?
3. Bagaimana hasil verifikasi terhadap model yang telah dibuat?
4. Bagaimana hasil peramalan permintaan pupuk phonska bersubsidi untuk tahun berikutnya?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghasilkan pembahasan yang jelas dan terarah dalam pengerjaan tugas akhir ini, ada beberapa batasan masalah yang harus diperhatikan, yaitu sebagai berikut:

1. Produk yang menjadi obyek tugas akhir ini adalah produk pupuk bersubsidi, yaitu jenis pupuk phonska.
2. Area distribusi yang dibahas pada tugas akhir ini berfokus pada Provinsi Jawa Timur.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Memperoleh hasil modifikasi model dengan metode FMOLP yang sesuai dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero).
2. Memperoleh hasil optimasi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga untuk dapat memberikan keuntungan optimal bagi perusahaan.
3. Memperoleh hasil verifikasi terhadap model yang telah dibuat.
4. Memperoleh hasil peramalan permintaan pupuk phonska bersubsidi untuk tahun berikutnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagi perusahaan, yaitu dapat memberikan informasi tentang jumlah produk pupuk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga. Sehingga, PT. Petrokimia Gresik mampu melakukan perencanaan distribusi dan pembuatan keputusan operasional yang lebih efektif dan efisien guna mendapatkan keuntungan optimal.
2. Bagi akademis, yaitu dapat menambah referensi penelitian dalam bidang optimasi khususnya implementasi metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dalam menyelesaikan permasalahan perencanaan distribusi sehingga dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya.

1.6 Relevansi

Keterkaitan penelitian ini terhadap bidang keilmuan Jurusan Sistem Informasi yang telah dipelajari oleh peneliti adalah pada mata kuliah Manajemen Sains. Penelitian ini termasuk dalam topik optimasi pada peta jalan penelitian Laboratorium Sistem Pendukung Keputusan. Pada penelitian ini, peneliti melakukan analisis model yang sesuai dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero) menggunakan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP). Hasil dari penelitian ini merupakan rekomendasi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga sesuai dengan jumlah persediaan, permintaan, dan alokasi, sehingga dapat memberikan keuntungan optimal bagi perusahaan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai referensi yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Terdiri dari penjelasan mengenai studi sebelumnya dan dasar teori.

2.1 Studi Sebelumnya

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai studi-studi sebelumnya yang terkait dan mendukung tugas akhir ini. Terdiri dari penjelasan mengenai hasil pada studi sebelumnya serta persamaan dan perbedaan studi sebelumnya dengan tugas akhir ini. Penjelasan mengenai studi sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Studi Sebelumnya

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dengan Tugas Akhir	Perbedaan dengan Tugas Akhir
1.	Tien-Fu Liang (2006)	<i>Applying Interactive Fuzzy Multi-Objective Linear Programming to Transportation Planning Decisions</i>	Metode FMOLP sesuai untuk permasalahan <i>Transportation Planning Decision</i> (TPD) dengan tujuan lebih dari satu dalam lingkungan <i>fuzzy</i> dibandingkan pendekatan <i>crisp linear programming</i> dan <i>fuzzy programming</i> konvensional.	Fungsi tujuan dari model FMOLP yang diusulkan adalah meminimalkan biaya dan meminimalkan waktu dengan batasan persediaan pada masing-masing sumber dan peramalan permintaan pada masing-masing tujuan.	Pada studi sebelumnya ini, permintaan pada banyak tujuan dapat dipasok oleh banyak sumber. Sementara, kondisi pada studi kasus tugas akhir adalah permintaan pada banyak tujuan hanya dipasok oleh satu sumber.

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dengan Tugas Akhir	Perbedaan dengan Tugas Akhir
2.	Tien-Fu Liang, dan Hung-Wen Cheng (2009)	<i>Application of Fuzzy Sets to Manufacturing/ Distribution Planning Decisions with Multi-Product and Multi-Time Period in Supply Chains</i>	Kelebihan dari metode FMOLP adalah dapat menyajikan kerangka kerja sistematis untuk memfasilitasi pengambilan keputusan <i>fuzzy</i> . Metode FMOLP memungkinkan pengambil keputusan untuk menyesuaikan parameter terkait sampai memperoleh solusi yang memuaskan.	Fungsi tujuan dari model FMOLP yang diusulkan adalah meminimalkan biaya dan meminimalkan waktu. Menggunakan konsep nilai pesimis, paling sering keluar, dan oprimis untuk seluruh batasan <i>fuzzy</i> .	Pada studi sebelumnya ini, optimasi dilakukan untuk 2 jenis produk dalam periode waktu 3 bulan, Sementara pada tugas akhir ini, optimasi dilakukan hanya untuk 1 jenis produk.
3.	Fereidouni, Sepideh (2011)	<i>Solving Traveling Salesman Problem by Using a Fuzzy Multi-Objective Linear Programming</i>	Metode FMOLP dengan fungsi keanggotaan <i>piecewise linear</i> merupakan metode optimasi yang efektif dan fleksibel serta menghasilkan tingkat kepuasan pengambil keputusan yang lebih tinggi apabila	Menggunakan fungsi keanggotaan <i>piecewise linear</i> .	Pada studi sebelumnya ini, optimasi dilakukan untuk menentukan solusi rute terpendek. Sementara pada tugas akhir ini, optimasi dilakukan untuk menentukan solusi jumlah distribusi produk.

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan dengan Tugas Akhir	Perbedaan dengan Tugas Akhir
			dibandingkan dengan pendekatan Zimmerman dan Hannan.		
4.	Chopra, Ritika, dan Saxena, Ratnesh R. (2013)	<i>Model for Solving Fuzzy Multiple Objective Problem</i>	Metode FMOLP memungkinkan pengambil keputusan untuk secara interaktif memodifikasi data fuzzy dan parameter terkait sampai solusi yang memuaskan diperoleh.	Optimasi dilakukan untuk perencanaan distribusi produk	Pada studi sebelumnya ini, fungsi tujuan dari model FMOLP yang diusulkan bertentangan, yaitu meminimalkan biaya dan memaksimalkan keuntungan. Sementara pada tugas akhir ini, kedua fungsi tujuan adalah meminimalkan.

2.2 Dasar Teori

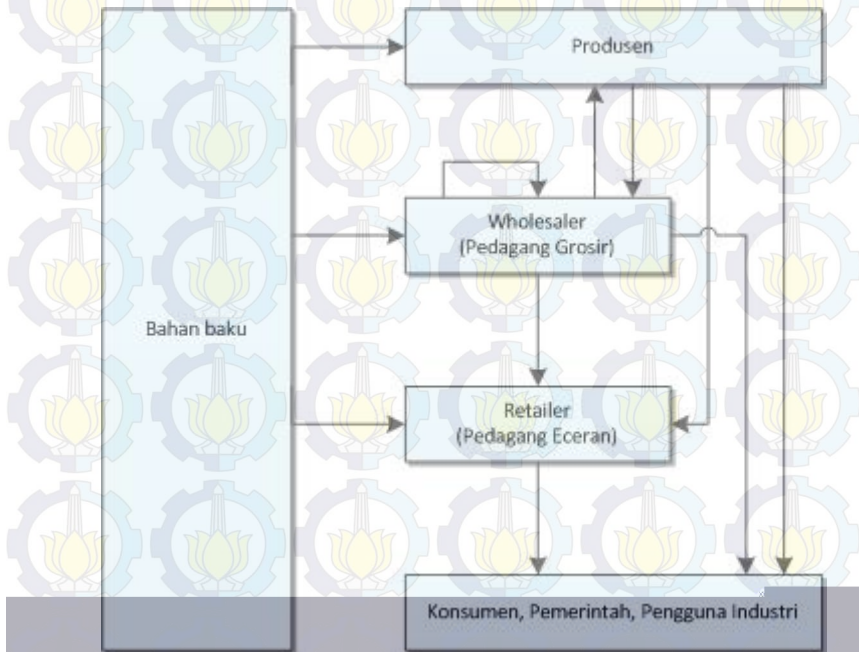
Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai pendukung dan pedoman dalam pengerjaan tugas akhir ini. Terdiri dari penjelasan mengenai proses distribusi, optimasi, *fuzzy multi-objective distribution planning decision (DPD) problem*, fungsi keanggotaan, *fuzzy multi-objective linear programming (FMOLP)*, dan peramalan.

2.2.1 Proses Distribusi

Distribusi adalah suatu proses memindahkan dan menyimpan produk dari pemasok ke konsumen dalam suatu rantai pasok [5]. Distribusi terjadi pada tahapan rantai pasok dimana bahan baku berpindah dari pemasok ke produsen lalu produk jadi yang dihasilkan oleh produsen dipindahkan ke

konsumen. Distribusi merupakan suatu kunci dari keuntungan perusahaan karena distribusi mempengaruhi biaya rantai pasok dan pengalaman konsumen secara langsung. Jaringan distribusi yang tepat dapat digunakan untuk mencapai berbagai tujuan rantai pasok, seperti meminimalkan biaya rantai pasok dan meningkatkan respon terhadap permintaan konsumen.

Menurut Bowersox, Closs, dan Coope [6], saluran distribusi adalah jaringan organisasi dan lembaga yang berkombinasi dalam melakukan semua fungsi yang diperlukan untuk menghubungkan produsen dengan konsumen akhir. Diagram saluran distribusi menurut Bowersox, Closs, dan Coope [6] ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Saluran Distribusi

Diagram saluran distribusi di atas menggambarkan organisasi dan lembaga yang mungkin terlibat dalam proses distribusi secara keseluruhan. Produsen terlibat dalam

menciptakan produk, *retailer* atau pedagang eceran sebagai lembaga yang paling dekat dengan konsumen akhir memiliki peran yang dominan dalam proses distribusi, sementara *wholesaler* atau pedagang grosir walaupun kurang terlihat dalam proses namun perannya dalam mengkoordinasikan kegiatan produsen dengan *retailer* tidak dapat diabaikan. Memahami peran dari masing-masing organisasi dan lembaga dalam saluran distribusi penting untuk mengembangkan strategi distribusi pasar.

Chopra, dan Meindl [5] menyatakan bahwa kinerja jaringan distribusi harus dievaluasi bersama dua dimensi, yaitu kebutuhan konsumen yang terpenuhi dan biaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Perusahaan harus mengevaluasi dampak terhadap pelayanan pelanggan dan biaya apabila membandingkan jaringan distribusi yang berbeda karena pemenuhan kebutuhan konsumen dan biaya dapat mempengaruhi pendapatan perusahaan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap suatu jaringan distribusi adalah sebagai berikut:

a. *Response Time* (Waktu Respon)

Response time merupakan waktu yang dibutuhkan oleh konsumen untuk menerima pesanan. *Response time* dimulai saat konsumen melakukan pemesanan sampai pesanan tersebut sampai kepada konsumen. Suatu perusahaan yang baik akan meminimalkan *response time* sehingga kepuasan pelanggan dapat tercapai.

b. *Product Variety* (Varietas Produk)

Product variety merupakan diferensiasi produk yang ditawarkan oleh suatu jaringan distribusi.

c. *Product Availability* (Ketersediaan Produk)

Product availability merupakan kemungkinan perusahaan memiliki produk di dalam persediaan ketika terdapat pesanan dari pelanggan.

d. *Customer Experience* (Pengalaman Pelanggan)

Customer experience mencakup kemudahan konsumen dalam melakukan dan menerima pesanan.

e. *Time to Market*

Time to Market merupakan waktu yang dibutuhkan untuk meluncurkan suatu produk baru ke pasar.

f. *Order Visibility*

Order visibility merupakan kemampuan konsumen untuk melacak pesanan mulai dari ketersediaan di gudang sampai pada pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan.

g. *Returnability*

Returnability adalah kemudahan yang diberikan kepada konsumen dalam hal pengembalian barang yang tidak memuaskan. *Returnability* juga mencakup kemampuan jaringan distribusi perusahaan untuk menangani pengembalian pesanan tersebut.

Cara pendistribusian produk dapat diklasifikasikan menjadi 6 desain jaringan distribusi, yaitu sebagai berikut [5]:

a. *Manufacturer Storage with Direct Shipping*

Pada desain ini, produk dikirim secara langsung dari produsen ke konsumen akhir dengan melangkahi pengecer. Aliran informasi meliputi pemesanan dari konsumen melalui pengecer lalu pengecer akan melakukan pemesanan ke produsen. Setelah itu, produsen akan mengirimkan pesanan secara langsung ke konsumen. Keuntungan terbesar dari desain ini adalah pemusatan persediaan di pabrik sehingga biaya persediaan rendah. Namun desain ini juga memiliki kekurangan, yaitu biaya transportasi yang tinggi karena jarak dari pabrik ke konsumen akhir rata-rata jauh.

b. *Manufacturer Storage with Direct Shipping and In-Transit Merge*

Pada desain ini, konsumen memesan produk-produk dari pabrik-pabrik yang berbeda. Aliran informasi meliputi pemesanan dari konsumen melalui pengecer lalu pengecer akan melakukan pemesanan ke pabrik-pabrik yang memproduksi pesanan dari konsumen. Produk-produk tersebut akan dikirimkan terlebih

dahulu dari pabrik-pabrik menuju suatu tempat (*carrier*) kemudian ke konsumen akhir sehingga konsumen mendapat pengiriman tunggal dari pabrik-pabrik yang berbeda. Seperti pada desain *direct shipping* murni, biaya persediaan rendah karena adanya pemusatan persediaan. Namun, biaya transportasi lebih rendah daripada desain *direct shipping* murni karena terjadi penggabungan yang berlangsung di *carrier* sebelum pengiriman ke konsumen. Meskipun demikian, diperlukan adanya peningkatan koordinasi.

c. *Distributor Storage with Package Carrier Delivery*

Pada desain ini, persediaan tidak terletak di pabrik produsen melainkan di gudang distributor. Produk yang telah diproduksi oleh produsen didistribusikan ke distributor, kemudian distributor akan mendistribusikannya ke konsumen. Aliran informasi dari desain ini hanya terjadi dari konsumen ke distributor. Lalu distributor akan merespons dengan mengirimkan pesanan ke konsumen. Dengan demikian, biaya persediaan menjadi lebih tinggi namun biaya transportasi menjadi lebih rendah apabila dibandingkan dengan desain *manufacture storage*.

d. *Distributor Storage with last-mile Delivery*

Pada desain ini, pabrik mendistribusikan produk ke distributor-distributor yang dekat dengan konsumen. Dengan demikian, pengiriman dari distributor ke konsumen akan lebih cepat namun membutuhkan biaya persediaan dan biaya transportasi yang paling tinggi apabila dibandingkan dengan jaringan distribusi yang lain. Aliran informasi meliputi pemesanan dari konsumen ke distributor terdekat lalu distributor tersebut akan merespons dengan mengirimkan pesanan ke konsumen.

e. *Manufacturer/Distributor Storage with Customer Pickup*

Pada desain ini, persediaan disimpan di gudang produsen atau distributor tetapi konsumen akan memesan ke pengecer secara *online* atau melalui telepon dan konsumen sendiri yang akan mengambil pesanan tersebut di suatu tempat (*pickup point*). Dengan demikian, biaya persediaan dan biaya transportasi menjadi lebih rendah apabila dibandingkan dengan menggunakan *Package Carrier*. Aliran informasi pada desain ini dimulai dari konsumen ke pengecer. Setelah itu, pengecer melanjutkan informasi tersebut ke pabrik-pabrik. Pabrik-pabrik tersebut akan merespons pesanan konsumen dengan mengirimkan pesanan tersebut ke distributor. Kemudian distributor mengirimkan ke *pickup point* dimana pelanggan akan mengambil sendiri pesannya.

f. *Retail Storage with Customer Pickup*

Pada desain ini, persediaan disimpan secara lokal di toko ritel. Kemudian konsumen akan membeli langsung di toko ritel atau memesan baik secara *online* maupun melalui telepon dan mengambilnya di toko ritel. Dengan demikian, penyimpanan secara lokal akan meningkatkan biaya persediaan namun biaya transportasi menjadi lebih rendah apabila dibandingkan jaringan distribusi lainnya.

2.2.2 Optimasi

Menurut Griva, Nash, dan Sofer [7], optimasi merupakan model matematika yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara yang terbaik. Tujuan tersebut dapat berupa memaksimalkan keuntungan, meminimalkan kerugian, memaksimalkan efisiensi, atau meminimalkan risiko. Tujuan yang lebih khusus lagi seperti fungsi tujuan yang dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu meminimalkan waktu dan biaya dalam suatu proses distribusi.

Model optimasi telah digunakan dalam waktu yang lama. Pada saat ini, fungsinya menjadi sangat penting bagi proses bisnis perusahaan karena perkembangan bisnis yang menjadi lebih luas dan rumit. Dalam banyak keadaan, sangat tidak mungkin lagi untuk membuat keputusan tanpa bantuan model optimasi karena peningkatan persentase yang kecil dalam kegiatan operasional mungkin menyebabkan peningkatan keuntungan yang besar.

2.2.2.1 Optimasi Linear

Model optimasi linear, atau disebut sebagai program linier melibatkan optimasi fungsi linear dengan batasan linear pada variabel [7]. Program linear sering diaplikasikan pada bidang ekonomi, perencanaan produksi, jaringan, dan penjadwalan.

Pada setiap masalah, ditentukan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan sistem kendala, yang bersama-sama membentuk suatu model matematika. Bentuk umum dari program linier adalah sebagai berikut [8]:

Fungsi Tujuan

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2.1)$$

Dengan batasan

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \{<, =, >\} b_i \quad (2.2)$$

untuk $i = 1, 2, 3, \dots, m$

Keterangan:

z : Nilai fungsi tujuan

C_j : Sumbangan per unit kegiatan, untuk masalah maksimalisasi C_j menunjukkan keuntungan atau penerimaan per unit, sementara dalam kasus minimalisasi menunjukkan biaya per unit

- X_j : Banyaknya kegiatan j , dimana $j = 1, 2, 3, \dots, n$ yang berarti terdapat n variabel keputusan
 a_{ij} : Banyaknya sumber daya i yang dikonsumsi sumber daya j
 b_i : Jumlah sumber daya i , dimana $i = 1, 2, 3, \dots, m$

2.2.3 *Fuzzy Multi-Objective Distribution Planning Decision (DPD) Problem*

Distribution Planning Decision (DPD) mencakup optimasi rencana distribusi untuk memindahkan barang dari sumber ke tujuan dalam suatu rantai pasok. Dengan berbagai rute distribusi, tujuan permasalahan *Multi-Objective Distribution Planning Decision (DPD)* adalah untuk menentukan berapa jumlah komoditas yang harus dikirim dari sumber ke tujuan sehingga pasokan yang tersedia di masing-masing sumber dan perkiraan permintaan pada setiap tujuan dapat terpenuhi. Setiap sumber memiliki pasokan yang tersedia dari komoditas untuk didistribusikan ke berbagai tujuan dan setiap tujuan memiliki perkiraan permintaan komoditas yang akan diterima dari berbagai sumber. Pasokan yang tersedia untuk masing-masing sumber dan permintaan perkiraan untuk setiap tujuan tersebut, serta koefisien yang terkait dengan biaya atau keuntungan umumnya bersifat *fuzzy* atau tidak tepat selama jangka waktu perencanaan karena informasi yang tidak lengkap. Dalam sebagian besar masalah DPD di dunia nyata, pembuat keputusan harus secara bersamaan menangani tujuan yang saling bertentangan seperti meminimalkan total biaya distribusi, jumlah barang yang ditolak, dan waktu atau jarak pengiriman, serta memaksimalkan keuntungan total [4].

2.2.4 *Fungsi Keanggotaan*

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 hingga 1 [9]. Dalam himpunan *fuzzy*, derajat keanggotaan akan memberikan

penilaian yang lebih adil karena dapat membuat fungsi keanggotaan bersifat kontinu.

Beberapa pendekatan yang dapat dilakukan dalam proses mendapatkan derajat keanggotaan adalah fungsi keanggotaan linear dan *piecewise linear*.

2.2.4.1 Fungsi Keanggotaan Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Terdapat dua jenis himpunan linear, yaitu linear naik dan linear turun. Pada linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Sedangkan linear turun merupakan kebalikan dari linear naik dimana garis lurus dimulai dari nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan tertinggi kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

Menurut Liang [1], fungsi keanggotaan linier dapat ditentukan dengan meminta pengambil keputusan untuk memilih interval nilai fungsi tujuan. Dalam situasi praktik, interval yang mungkin bagi nilai-nilai fungsi tujuan yang tidak tepat dapat diperkirakan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan pengambil keputusan atau pakar. Persamaan umum dari fungsi keanggotaan linier untuk setiap fungsi tujuan *fuzzy* didefinisikan pada persamaan 2.3.

$$\mu(z_g) = \begin{cases} 0 & z_g \geq z_g^u \\ 1 - \frac{z_g - z_g^l}{z_g^u - z_g^l} & z_g^l \leq z_g \leq z_g^u \\ 1 & z_g \leq z_g^l \end{cases} \quad (2.3)$$

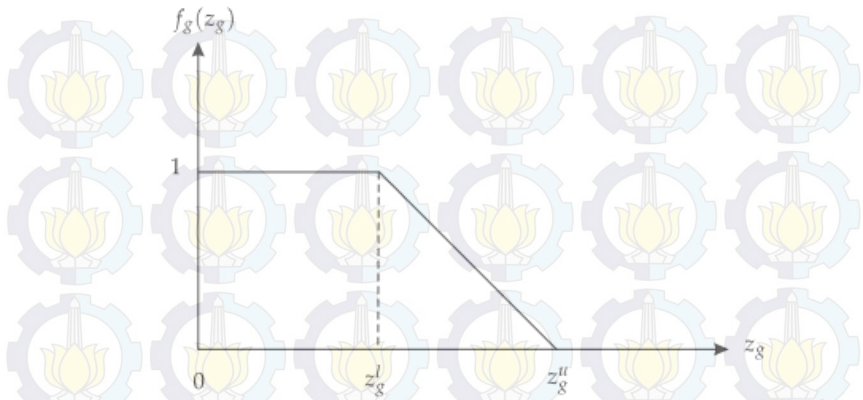
Keterangan:

z_g : fungsi tujuan

z_g^l : batas bawah fungsi tujuan

z_g^u : batas atas fungsi tujuan

Grafik fungsi keanggotaan linear untuk persamaan di atas ditunjukkan pada Gambar 2.2 [1].



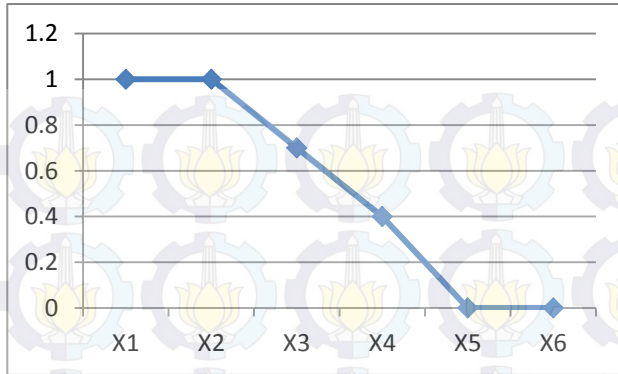
Gambar 2. 2 Grafik Fungsi Keanggotaan Linear

2.2.4.2 Fungsi Keanggotaan *Piecewise Linear*

Model *crisp* MOLP dapat diperluas menjadi model FMOLP menggunakan fungsi keanggotaan *piecewise linier* untuk mewakili tujuan *fuzzy* pengambil keputusan dalam model MOLP [10]. Perbedaan antara representasi fungsi keanggotaan linear dan representasi fungsi keanggotaan *piecewise linear* dapat terlihat pada kemiringan kurva. Keuntungan dari fungsi keanggotaan *piecewise linear* adalah dapat dimanipulasi dengan mudah melalui operasi *fuzzy* [11].

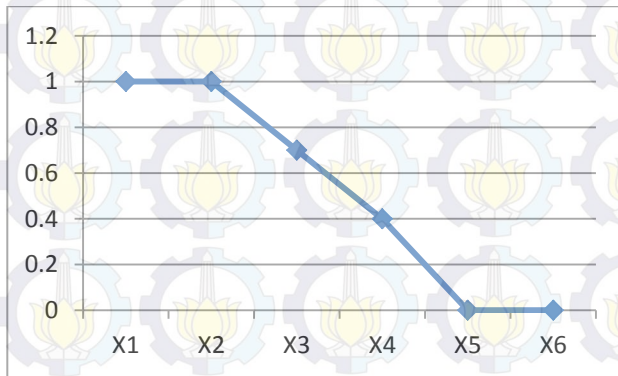
Fungsi keanggotaan *piecewise linear* mengubah permasalahan menjadi solusi yang cocok dengan menambahkan variabel tambahan L . Variabel tambahan L ($0 \leq L \leq 1$) merupakan keseluruhan tingkat kepuasan pengambil keputusan terhadap nilai fungsi tujuan yang diberikan [3]. Interval nilai dari masing-masing fungsi tujuan yang ditentukan oleh pengguna berimplikasi pada fungsi keanggotaan *piecewise linear* [12].

Grafik fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk z_1 ditunjukkan pada Gambar 2.3 [3] [12] [13].



Gambar 2. 3 Fungsi Keanggotaan Piecewise Linear untuk Z_1

Grafik fungsi keanggotaan piecewise linear untuk z_2 ditunjukkan pada Gambar 2.4 [3] [12] [13].



Gambar 2. 4 Fungsi Keanggotaan Piecewise Linear untuk Z_2

Persamaan umum dari fungsi keanggotaan *piecewise linier* untuk setiap fungsi tujuan *fuzzy* adalah sebagai berikut [3].

$$f_g(Z_g) = \sum_{e=1}^{p_g} \alpha_{ge} |Z_g - x_{ge}| + \beta_g Z_g + \gamma_g \quad (2.4)$$

dengan

$$\alpha_{ge} = -\frac{t_{g,e+1} - t_{ge}}{2} \quad (2.5)$$

$$\beta_g = \frac{t_{g,p_g+1} + t_{g1}}{2} \quad (2.6)$$

$$\gamma_g = \frac{S_{g,p_g+1} + S_{g1}}{2} \quad (2.7)$$

2.2.5 Fuzzy Multi-Objective Linear Programming (FMOLP)

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Distribution Planning Decision* (DPD), yaitu *Linear Programming*, *Stepping Stone*, *Modified Distribution*, dan lain-lain. Dalam menyelesaikan permasalahan *Multi-Objective Linear Programming* dengan menggunakan ketiga metode tersebut, koefisien dari fungsi tujuan dan batasan diasumsikan tetap nilainya. Tetapi terdapat banyak situasi praktik dimana asumsi tersebut tidak valid. Koefisien tersebut mungkin tidak dapat didefinisikan dengan baik karena kurangnya informasi dan/atau situasi pasar yang tidak menentu. Oleh karena itu, koefisien dapat dikarakterisasikan sebagai bilangan *fuzzy* [14].

Ide himpunan *fuzzy* pertama kali diusulkan oleh Zadeh [2], sebagai sarana penanganan ketidakpastian yang disebabkan oleh ketidaktepatan bukan keacakan. Zadeh [2] mengusulkan bahwa keputusan *fuzzy* mungkin didefinisikan sebagai himpunan *fuzzy*, yang ditentukan oleh perpotongan dari tujuan dan batasan yang *fuzzy*. Dari sudut pandang ini, Zimmermann [15] untuk pertama kalinya menambahkan himpunan *fuzzy* di *Linear Programming* dengan tujuan dan batasan yang *fuzzy* sehingga *Fuzzy Linear Programming* (FLP) semakin berkembang menjadi solusi optimasi untuk mengatasi permasalahan dalam lingkungan *fuzzy*. Namun, FLP hanya berfokus pada satu fungsi tujuan yang akan dicapai sehingga

tidak dapat mengatasi permasalahan yang memiliki lebih dari satu fungsi tujuan. Kemudian, Zimmermann [16] mengembangkan kembali metode FLP menjadi *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) yang mampu memberikan solusi dalam mengatasi permasalahan *fuzzy multi-objective*.

Berikut model FMOLP dalam permasalahan *Distribution Planning Decision* (DPD) [1]:

Fungsi tujuan:

- Meminimalkan total biaya produksi dan distribusi:

$$\text{Min } z_1 \cong \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (p_{ij} + c_{ij}) Q_{ij} \quad (2.8)$$

- Meminimalkan total waktu distribusi:

$$\text{Min } z_2 \cong \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} Q_{ij} \quad (2.9)$$

Penggunaan tanda “ \cong ” merupakan bentuk *fuzzy* dari “ $=$ ”. Sedangkan batasan-batasannya adalah sebagai berikut:

- Batasan bahwa jumlah persediaan produk yang tersedia oleh sumber tidak boleh kurang dari jumlah produk yang akan didistribusikan.

$$\sum_{j=1}^n Q_{ij} \leq \tilde{S}_i \quad \forall i \quad (2.10)$$

- Batasan bahwa jumlah produk yang akan didistribusikan tidak boleh kurang dari jumlah permintaan tujuan.

$$\sum_{i=1}^m Q_{ij} \geq \tilde{D}_j \quad \forall j \quad (2.11)$$

- Batasan bahwa jumlah produk yang akan didistribusikan tidak boleh negatif atau kurang dari nol.

$$Q_{ij} \geq 0 \quad \forall i, \forall j \quad (2.12)$$

Keterangan:

- Index
 - i : Index untuk sumber (1, 2, ...)
 - j : Index untuk tujuan (1, 2, ...)
 - g : Index untuk fungsi tujuan (1, 2)
- Variabel keputusan
 - Q_{ij} : Produk yang dikirim dari sumber ke tujuan (unit)
- Fungsi tujuan
 - z_1 : Total biaya produksi dan biaya distribusi (\$)
 - z_2 : Total waktu distribusi (jam)
- Parameter
 - p_{ij} : Biaya produksi per unit produk yang dikirim dari sumber ke tujuan (\$/unit)
 - c_{ij} : Biaya distribusi per unit produk yang dikirim dari sumber ke tujuan (\$/unit)
 - t_{ij} : Waktu pengiriman produk dari sumber ke tujuan (jam/unit)
 - \tilde{S}_i : Total persediaan produk di sumber (unit)
 - \tilde{D}_j : Total permintaan produk pada tujuan (unit)

Kedua fungsi tujuan di atas akan digabungkan agar dapat memberikan suatu hasil yang mencakup kedua fungsi tujuan tersebut sehingga fungsi tujuannya adalah memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan (L).

Batasan dari fungsi tujuan memaksimalkan L ditunjukkan pada persamaan 2.13 [3].

$$\begin{aligned}
 L \leq & -\left(\frac{t_{g2} - t_{g1}}{2}\right)(d_{g1}^- - d_{g1}^+) - \left(\frac{t_{g3} - t_{g2}}{2}\right)(d_{g2}^- - d_{g2}^+) \\
 & - \dots - \left(\frac{t_{g,P_g+1} - t_{gP_g}}{2}\right)(d_{gP_g}^- - d_{gP_g}^+) + \frac{t_{g,P_g+1} - t_{g1}}{2} Z_g \\
 & + \frac{S_{g,P_g+1} + S_{g1}}{2}, g = 1, 2
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

2.2.6 Peramalan

Peramalan merupakan proses untuk memprediksi berapakah kebutuhan di masa akan datang dengan seakurat mungkin dan dengan memperhatikan seluruh informasi yang tersedia, meliputi data historis dan pengetahuan dari setiap peristiwa di masa akan datang yang mungkin berdampak pada hasil peramalan. Metode peramalan yang tepat sangat bergantung pada pola data yang tersedia. Untuk mengatasi hal tersebut, terdapat beberapa metode yang telah dikembangkan. Metode tersebut dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu metode peramalan kualitatif dan kuantitatif. Metode peramalan kualitatif digunakan apabila data historis tidak tersedia atau apabila data yang tersedia tidak relevan dengan proses peramalan. Sementara, metode peramalan kuantitatif menggunakan data *time series* (dikumpulkan secara berkala dari waktu ke waktu) atau data *cross-sectional* (dikumpulkan pada satu titik dalam waktu). Metode peramalan kuantitatif dapat diaplikasikan apabila memenuhi dua kondisi, yaitu sebagai berikut [17]:

1. Tersedia informasi numerik tentang masa lalu.
2. Masuk akal untuk mengasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan berlanjut ke masa akan datang.

Model *time series* merupakan suatu metode peramalan berdasarkan data historis suatu variabel yang disusun menurut

urutan waktu. Model ini didasarkan pada asumsi bahwa apa yang terjadi di masa lalu merupakan indikator yang baik bagi apa yang terjadi di masa akan datang [5]. Model ini cocok untuk meramalkan sejumlah besar variabel dalam waktu yang singkat dengan sumber daya yang terbatas [18].

Model *time series* terbagi menjadi empat pola, yaitu sebagai berikut [19]:

a. *Horizontal* (Stasioner)

Pola *horizontal* terjadi ketika data yang digunakan berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan.

b. *Trend*

Pola *trend* terjadi ketika data yang digunakan memiliki kecenderungan meningkat maupun menurun selama periode waktu tertentu.

c. *Seasonal* (Musiman)

Pola *seasonal* terjadi ketika data yang digunakan dipengaruhi oleh faktor musiman, yaitu pola perubahan yang berulang dari tahun ke tahun.

d. *Cyclical* (Siklus)

Pola *cyclical* terjadi ketika data yang digunakan dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang dan terlihat naik atau turun dalam periode yang tidak tetap.

Setiap data historis memiliki pola yang berbeda-beda, sehingga metode peramalan yang tepat untuk masing-masing data pun dapat berbeda. Pada tugas akhir ini, data historis menunjukkan adanya *trend* and faktor *seasonal*. Untuk data yang memiliki *level*, *trend*, dan faktor *seasonal*, metode yang sesuai merupakan *Winter's Model (Triple Exponential Smoothing)* [5].

2.2.6.1 *Winter (Triple Exponential Smoothing)*

Metode *Winter* didasarkan pada tiga persamaan *exponential smoothing*, masing-masing untuk *level*, *trend*, dan faktor *seasonal* [20]. Dalam metode *Winter*, terdapat tiga parameter yang digunakan, yaitu α , β , dan γ [5]. Persamaan

umum untuk peramalan pada periode yang akan datang dengan metode *Winter* ditunjukkan pada persamaan 2.14.

$$F_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t+1} \quad (2.14)$$

Persamaan umum untuk *level*, *trend*, dan faktor *seasonal* adalah sebagai berikut.

$$L_{t+1} = \alpha(D_{t+1}/S_{t+1}) + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \quad (2.15)$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t \quad (2.16)$$

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1}/L_{t+1}) + (1 - \gamma)S_{t+1} \quad (2.17)$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, \quad 0 \leq \beta \leq 1, \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (2.18)$$

Keterangan:

F : nilai peramalan

L : level

T : trend

S : faktor seasonal

D : nilai aktual

α : konstanta pemulusan untuk level

β : konstanta pemulusan untuk trend

γ : konstanta pemulusan untuk faktor seasonal

2.2.6.2 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Penghitungan *error* berfungsi untuk mengetahui apakah metode peramalan yang digunakan telah sesuai. Persamaan umum *error* peramalan untuk periode t ditunjukkan pada persamaan 2.19 [5].

$$E_t = F_t - D_t \quad (2.19)$$

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan persentase dari rata-rata *error* mutlak. Semakin kecil nilai MAPE, maka kemampuan peramalan akan semakin

baik. Persamaan umum untuk MAPE ditunjukkan pada persamaan 2.20 [5].

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| 100}{n} \quad (2.20)$$

Keterangan:

E_t : error pada periode t

F_t : nilai peramalan pada periode t

D_t : nilai aktual pada periode t

n : jumlah data historis

Nilai yang dihasilkan pada penghitungan MAPE menunjukkan kemampuan peramalan berdasarkan kriteria MAPE yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 [21].

Tabel 2. 2 Kriteria MAPE

MAPE	Pengertian
<10%	Kemampuan peramalan sangat baik
10% - 20%	Kemampuan peramalan baik
20% - 50%	Kemampuan peramalan cukup
>50%	Kemampuan peramalan buruk

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

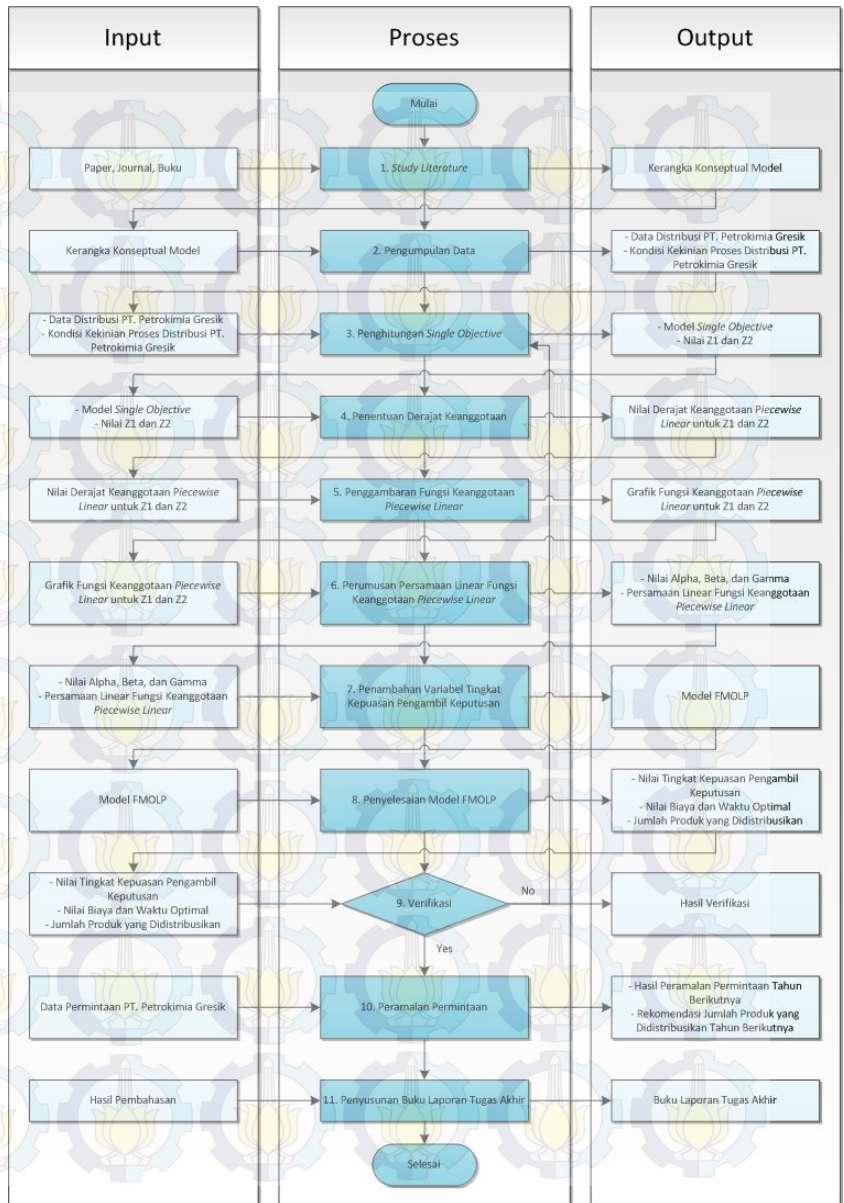
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan sistematis yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Tahapan-tahapan tersebut digunakan sebagai panduan agar pengerjaan tugas akhir ini terlaksana secara terarah dan terstruktur. Diagram alur dari metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1. Penjelasan mengenai masing-masing tahapan proses dalam pengerjaan tugas akhir ini berdasarkan diagram alur tersebut adalah sebagai berikut.

3.1 Studi Literatur

Pada proses ini dilakukan pengumpulan informasi mengenai permasalahan yang akan diangkat pada pengerjaan tugas akhir ini dan pembelajaran terhadap literatur yang terkait dengan konsep serta metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Literatur yang digunakan didapatkan dari *paper* atau jurnal terakreditasi, buku, tugas akhir, dan tesis. Keluaran dari proses ini adalah kerangka konseptual model dari metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini diambil dari data yang dimiliki oleh PT. Petrokimia Gresik (Persero) sebagai studi kasus dari tugas akhir ini. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan teknik wawancara kepada pihak manajemen PT. Petrokimia Gresik (Persero). Wawancara dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan untuk menganalisis distribusi pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga milik PT. Petrokimia Gresik (Persero).



Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian

Berikut adalah data-data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

1. Data persediaan pupuk phonska bersubsidi di gudang Gresik milik PT. Petrokimia Gresik (Persero).
2. Data realisasi penjualan pupuk phonska bersubsidi di wilayah Jawa Timur bulan Januari 2013 sampai Oktober 2014.
3. Data alokasi pupuk phonska bersubsidi untuk wilayah Jawa Timur bulan Januari 2013 sampai Desember 2014.
4. Data biaya distribusi pupuk dari gudang Gresik menuju kota tujuan.
5. Data waktu pengiriman pupuk dari gudang Gresik menuju kota tujuan.

3.3 Penghitungan *Single Objective Linear Programming*

Pada proses ini dilakukan penghitungan optimasi untuk menyelesaikan satu fungsi tujuan berdasarkan data-data yang terkait dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero) dan kondisi kekinian dari proses distribusi pada PT. Petrokimia Gresik. Proses penghitungan *single objective linear programming* dilakukan secara terpisah untuk masing-masing fungsi tujuan namun menggunakan data yang sama. Hasil dari penghitungan *single objective linear programming* merupakan model *single objective linear programming* yang sesuai dengan proses distribusi pada PT. Petrokimia Gresik (Persero) serta nilai optimal dari fungsi tujuan meminimalkan biaya dan meminimalkan waktu. Hasil tersebut akan menjadi masukan dalam melakukan penghitungan optimasi dengan metode FMOLP. Apabila dijabarkan lebih lanjut, aktivitas-aktivitas yang dilakukan pada proses ini adalah sebagai berikut.

3.3.1 Perumusan Model *Single Objective Linear Programming*

Data-data yang telah didapatkan sebagai keluaran dari proses pengumpulan data akan menjadi masukan pada aktivitas ini dimana data tersebut akan dirumuskan ke dalam model *Single Objective Linear Programming* yang nantinya akan menjadi masukan untuk model FMOLP. Pada aktivitas ini, dilakukan penentuan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan batasan. Model yang diusulkan memiliki variabel keputusan yang menyatakan jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga di wilayah Jawa Timur, fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya distribusi dan meminimalkan total waktu distribusi, serta batasan total persediaan produk di gudang Gresik, total permintaan produk pada tiap kota tujuan, dan total alokasi produk untuk tiap kota tujuan.

3.3.2 Penginputan Data

Data masukan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data gudang utama dan gudang penyangga, data biaya distribusi, data waktu distribusi, data persediaan, data permintaan, data persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan permintaan, data alokasi, data persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan alokasi, serta data nilai bobot *fuzzy*. Data-data masukan dari *file* Microsoft Excel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Matlab dengan menggunakan fungsi *xlsread*.

3.3.3 Pengubahan Nilai Permintaan dan Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

Data-data permintaan dan alokasi yang telah dimasukkan kemudian diubah menjadi 3 nilai, yaitu nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis. Nilai yang paling sering keluar merupakan nilai yang didapatkan dari data

historis PT. Petrokimia Gresik (Persero). Sedangkan nilai pesimis dan nilai optimis didapatkan dengan melakukan perkalian dengan faktor, yaitu faktor yang mempengaruhi penurunan untuk nilai pesimis dan faktor yang mempengaruhi peningkatan untuk nilai optimis. Untuk menghasilkan nilai pesimis, nilai yang didapatkan dari data historis PT. Petrokimia Gresik (Persero) dikurangi dengan hasil perkalian faktor yang mempengaruhi penurunan. Sementara, untuk menghasilkan nilai optimis, nilai yang didapatkan dari data historis PT. Petrokimia Gresik (Persero) dijumlahkan dengan hasil perkalian dengan faktor yang mempengaruhi peningkatan.

3.3.4 Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot *Fuzzy*

Masing-masing nilai yang telah didapatkan kemudian dikalikan dengan bobot yang berbeda. Menurut Lai [22], pemberian bobot untuk nilai pesimis adalah sebesar $1/6$, nilai yang paling sering keluar adalah sebesar $4/6$, dan nilai optimis adalah sebesar $1/6$.

3.3.5 Pengimplementasian Model *Single Objective Linear Programming*

Pada aktivitas ini, dilakukan pengimplementasian model yang telah dirumuskan pada aktivitas 3.3.1 berupa kode-kode program fungsi tujuan dan batasan.

3.3.6 Penyelesaian Model *Single Objective Linear Programming*

Pada aktivitas ini dilakukan penghitungan fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi menggunakan *software* Matlab. Penghitungan untuk masing-masing fungsi tujuan dilakukan secara terpisah sehingga pada aktivitas ini didapatkan nilai z_1 untuk solusi

fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan z_2 untuk solusi fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi.

3.4 Penentuan Derajat Keanggotaan

Pada proses ini dilakukan penentuan derajat keanggotaan untuk setiap fungsi tujuan. Hasil dari setiap fungsi tujuan yang telah didapatkan pada proses penghitungan *Single Objective Linear Programming* akan dibuat menjadi derajat keanggotaan *piecewise linear* dengan interval antara 0 sampai 1.

3.5 Penggambaran Fungsi Keanggotaan *Piecewise Linear*

Pada proses ini dilakukan penggambaran grafik fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk setiap $(z_g, f_g(z_g))$ untuk $g = 1, 2$. Kemudian fungsi tujuan dipetakan ke $f_g(z_g)$ dengan interval antara 0 sampai 1. Nilai fungsi tujuan yang paling mendekati atau sama dengan nilai yang sebenarnya akan memiliki nilai keanggotaan $f_g(z_g)$ sebesar 1. Sementara, apabila nilai fungsi tujuan semakin jauh dengan nilai yang sebenarnya maka nilai keanggotaannya akan mendekati atau sama dengan 0.

3.6 Perumusan Persamaan Linear Fungsi Keanggotaan *Piecewise Linear*

Pada tahap ini dilakukan konversi fungsi keanggotaan *piecewise linear* $f_g(Z_g)$ ke bentuk persamaan linier berikut.

$$f_g(Z_g) = \sum_{e=1}^{p_g} \alpha_{ge} |Z_g - x_{ge}| + \beta_g Z_g + \gamma_g, \quad g = 1, 2 \quad (3.1)$$

Apabila dijabarkan lebih lanjut, aktivitas-aktivitas yang dilakukan pada proses ini adalah sebagai berikut.

3.6.1 Penghitungan Nilai *Slope* (t_{ge})

Slope merupakan masukan untuk menghitung nilai alfa, beta, dan gamma. Persamaan umum untuk menghitung nilai *slope* adalah sebagai berikut.

$$t_{g1} = \left(\frac{q_{g1} - 0}{X_{g1} - X_{g0}} \right), t_{g2} = \left(\frac{q_{g2} - q_{g1}}{X_{g2} - X_{g1}} \right), \dots, \\ t_{g,P_g+1} = \left(\frac{1 - q_{gP_g}}{X_{g,P_g+1} - X_{gP_g}} \right) \quad (3.2)$$

untuk $e = 1, 2, \dots, P_g$

Keterangan:

q_{g1} : Derajat keanggotaan e ke-1 pada fungsi tujuan ke- g

q_{g2} : Derajat keanggotaan e ke-2 pada fungsi tujuan ke- g

X_{g1} : Nilai fungsi tujuan (z) dengan e ke-1 pada fungsi tujuan ke- g

X_{g2} : Nilai fungsi tujuan (z) dengan e ke-2 pada fungsi tujuan ke- g

P_g : Batas akhir atau batas maksimal dari e

3.6.2 Penghitungan Nilai Alfa, Beta, dan Gamma

Persamaan untuk mencari alfa, beta, dan gamma adalah sebagai berikut.

$$\alpha_{ge} = -\frac{t_{g,e+1} - t_{ge}}{2}, g = 1, 2 \quad (3.3)$$

$$\beta_g = \frac{t_{g,P_g+1} + t_{g1}}{2}, g = 1, 2 \quad (3.4)$$

$$\gamma_g = \frac{S_{g,P_g+1} + S_{g1}}{2}, g = 1, 2 \quad (3.5)$$

Sehingga substitusi persamaan 3.3, persamaan 3.4, dan persamaan 3.5 ke persamaan 3.1 akan menghasilkan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 f_g(Z_g) = & -\left(\frac{t_{g2} - t_{g1}}{2}\right)|Z_g - X_{g1}| - \left(\frac{t_{g3} - t_{g2}}{2}\right)|Z_g - X_{g2}| \\
 & - \dots - \left(\frac{t_{g,P_g+1} - t_{gP_g}}{2}\right)|Z_g - X_{gP_g}| + \frac{t_{g,P_g+1} + t_{g1}}{2}Z_g \\
 & + \frac{S_{g,P_g+1} + S_{g1}}{2}, g = 1,2
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

3.6.3 Penambahan Variabel Deviational Non Negatif

Persamaan variabel deviational non negatif adalah sebagai berikut.

$$Z_g + d_{ge}^- - d_{ge}^+ = X_{ge}, g = 1,2 \quad e = 1,2, \dots, P_g \tag{3.7}$$

Dimana, d_{ge}^- dan d_{ge}^+ menunjukkan variabel deviational dalam arah positif dan negatif pada titik g dan X_{ge} mewakili nilai-nilai fungsi tujuan g pada titik g . Sehingga substitusi persamaan 3.7 ke persamaan 3.6 akan menghasilkan persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* berikut.

$$\begin{aligned}
 f_g(Z_g) = & -\left(\frac{t_{g2} - t_{g1}}{2}\right)(d_{g1}^- - d_{g1}^+) - \left(\frac{t_{g3} - t_{g2}}{2}\right)(d_{g2}^- - d_{g2}^+) \\
 & - \dots - \left(\frac{t_{g,P_g+1} - t_{gP_g}}{2}\right)(d_{gP_g}^- - d_{gP_g}^+) \\
 & + \frac{t_{g,P_g+1} - t_{g1}}{2}Z_g + \frac{S_{g,P_g+1} + S_{g1}}{2}, g = 1,2
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

3.7 Penambahan Variabel Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan

Pada proses ini, ditambahkan variabel L sebagai tolok ukur yang dinilai setelah menggabungkan fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi. Variabel L merepresentasikan tingkat kepuasan pengambil keputusan terhadap hasil optimasi perencanaan distribusi sehingga nilai variabel L harus dimaksimalkan. Interval nilai L adalah antara 0 sampai 1. Substitusi variabel L dengan batasan L kurang dari sama dengan $f_g(Z_g)$ ke persamaan 3.8 akan menghasilkan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 L \leq & -\left(\frac{t_{g2}-t_{g1}}{2}\right)(d_{g1}^- - d_{g1}^+) - \left(\frac{t_{g3}-t_{g2}}{2}\right)(d_{g2}^- - d_{g2}^+) \\
 & - \dots - \left(\frac{t_{g,P_g+1}-t_{g,P_g}}{2}\right)(d_{g,P_g}^- - d_{g,P_g}^+) + \frac{t_{g,P_g+1}-t_{g1}}{2}Z_g \\
 & + \frac{S_{g,P_g+1}+S_{g1}}{2}, g = 1,2
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

Keluaran dari proses ini adalah model FMOLP yang sesuai dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero).

3.8 Penyelesaian Model FMOLP

Setelah seluruh persamaan batasan lengkap, pada tahap ini dilakukan penghitungan tingkat kepuasan pengambil keputusan menggunakan *software* Matlab dengan fungsi tujuan memaksimalkan L . Apabila solusinya adalah $L=1$ maka setiap tujuan sepenuhnya memuaskan, jika $0 < L < 1$ maka semua tujuan memuaskan pada tingkat L , dan jika $L=0$ maka tidak ada tujuan yang memuaskan. Nilai L dapat dimodifikasi dan disesuaikan untuk mengidentifikasi solusi permasalahan *Distribution Planning Decision* yang lebih baik jika pengambil keputusan tidak puas dengan solusi tersebut. Pengambil keputusan dapat secara interaktif memodifikasi hasil dengan menyesuaikan data *fuzzy* dan parameter model sampai solusi yang memuaskan diperoleh.

Modifikasi dapat dilakukan salah satunya dengan mengubah nilai fungsi keanggotaan *piecewise linear* agar nilai L meningkat. Keluaran dari proses ini adalah nilai tingkat kepuasan pengambil keputusan optimal, nilai biaya dan waktu distribusi optimal, dan jumlah produk optimal yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga.

3.9 Verifikasi

Pada proses ini akan dilakukan verifikasi terhadap model yang telah dibuat. Verifikasi digunakan untuk memastikan kebenaran dari model yang telah dibuat dengan memeriksa apakah keluaran yang dihasilkan sudah sesuai dan tidak melanggar batasan. Verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan keluaran yang dihasilkan oleh model dengan data asli PT. Petrokimia Gresik untuk mengetahui bahwa model sudah sesuai dan memasukkan keluaran yang dihasilkan oleh model ke dalam batasan untuk mengetahui bahwa semua batasan telah terpenuhi.

3.10 Peramalan Permintaan

Proses peramalan permintaan dilakukan karena model FMOLP yang dihasilkan dapat diaplikasikan apabila terdapat data persediaan, permintaan, dan alokasi. Sementara, data permintaan untuk tahun berikutnya tidak tersedia. Apabila dijabarkan lebih lanjut, aktivitas-aktivitas yang dilakukan pada proses ini adalah sebagai berikut.

3.10.1 Penentuan Hasil Peramalan Permintaan

Pada aktifitas ini dilakukan peramalan permintaan dengan metode *Winter (Triple Exponential Smoothing)*. Keluaran dari aktifitas ini adalah hasil peramalan jumlah permintaan untuk tahun berikutnya. Hasil peramalan jumlah

permintaan tersebut digunakan untuk menentukan rekomendasi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga pada tahun berikutnya berdasarkan model FMOLP yang telah dibuat.

3.10.2 Penentuan Error Hasil Peramalan dengan Menggunakan MAPE

Setelah melakukan peramalan, diperlukan evaluasi terhadap hasil peramalan dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengetahui apakah metode peramalan yang digunakan telah sesuai. Semakin kecil nilai MAPE, maka hasil peramalan tersebut semakin akurat.

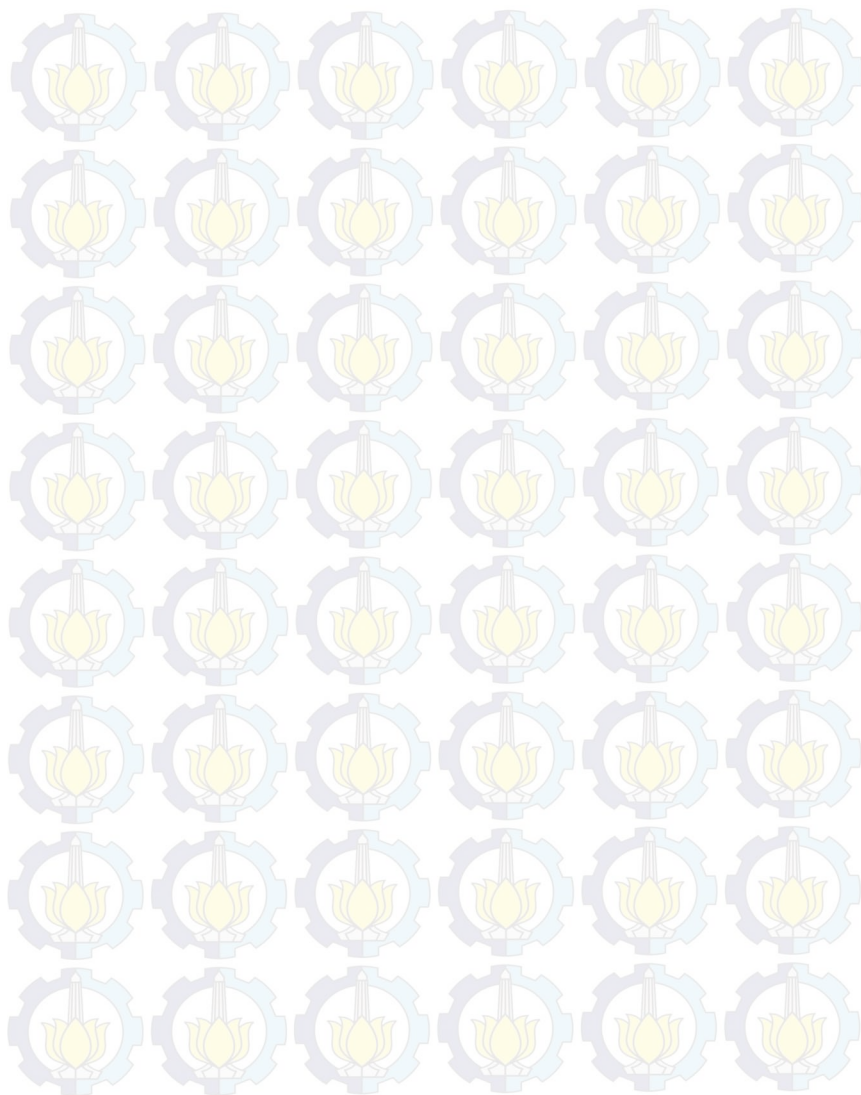
3.10.3 Penentuan Nilai Optimal Parameter Alfa, Beta, dan Gamma

Nilai MAPE dapat diminimalkan dengan cara mengoptimalkan parameter yang digunakan untuk melakukan peramalan dengan metode *Winter (Triple Exponential Smoothing)*, yaitu alfa, beta, dan gamma. Penentuan parameter peramalan yang optimal dilakukan dengan menggunakan *Solver* pada Microsoft Excel.

3.11 Penyusunan Buku Laporan Tugas Akhir

Pada proses terakhir ini akan dilakukan penyusunan laporan dalam bentuk buku tugas akhir. Buku tersebut berisi penjelasan dokumentasi langkah-langkah pengerjaan tugas akhir secara rinci beserta hasil yang dikeluarkan dan kesimpulannya.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV

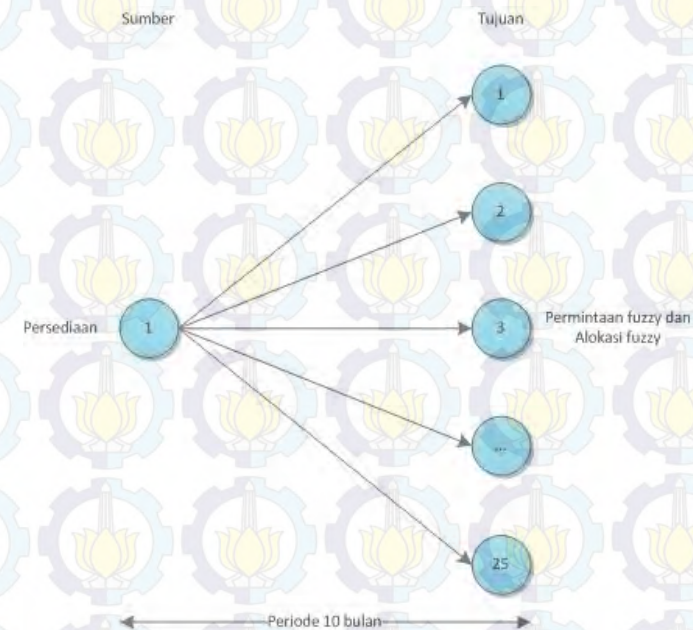
PERANCANGAN

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai rancangan bagaimana penelitian akan dilakukan. Terdiri dari penjelasan mengenai subjek dan objek penelitian, perumusan model, dan diagram alur untuk masing-masing proses.

4.1 Deskripsi Permasalahan

Subjek dari penelitian ini merupakan permasalahan optimasi perencanaan distribusi produk pada PT. Petrokimia Gresik (Persero). Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dengan fungsi keanggotaan *piecewise linear* karena metode tersebut sesuai untuk permasalahan *Distribution Planning Decision* (DPD) dengan tujuan lebih dari satu dalam lingkungan *fuzzy*. Selain itu, keuntungan utama metode tersebut adalah bersifat fleksibel dan memungkinkan adanya penyesuaian data *fuzzy* serta parameter terkait. Optimasi dilakukan untuk 1 jenis produk, yaitu produk pupuk bersubsidi jenis pupuk phonska dalam periode 10 bulan. Proses distribusi produk pada PT. Petrokimia Gresik (Persero) untuk wilayah Jawa Timur dilakukan dari 1 sumber, yaitu gudang utama yang berada di Gresik menuju ke 25 tujuan, yaitu gudang penyangga yang berada di masing-masing Kabupaten. Biaya distribusi produk dihitung per ton pupuk yang dikirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga masing-masing Kabupaten. Masing-masing Kabupaten memiliki jumlah permintaan produk yang harus dipasok oleh persediaan pada gudang Gresik. Selain itu, masing-masing Kabupaten juga memiliki batasan jumlah alokasi produk yang telah ditentukan oleh Peraturan Pemerintah. Jumlah permintaan bersifat *fuzzy* atau tidak tepat karena dapat mengalami peningkatan dan penurunan akibat adanya faktor-faktor, seperti pergeseran masa tanam, dimana tidak terdapat data mengenai faktor peningkatan dan

penurunan tersebut. Jumlah alokasi juga bersifat *fuzzy* atau tidak tepat karena dapat mengalami peningkatan dan penurunan karena dipengaruhi oleh faktor-faktor yang terkait dengan anggaran dana pemerintah, dimana tidak terdapat data mengenai faktor peningkatan dan penurunan tersebut. Gambaran umum permasalahan *Distribution Planning Decision* (DPD) pada PT. Petrokimia Gresik (Persero) ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Permasalahan *Distribution Planning Decision* (DPD) pada PT. Petrokimia Gresik (Persero)

Model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) yang dirumuskan pada tugas akhir ini didasarkan pada beberapa asumsi, yaitu sebagai berikut:

1. Semua fungsi tujuan bernilai *fuzzy*.
2. Semua persamaan fungsi tujuan dan batasan adalah persamaan linear.

3. Total biaya dan waktu distribusi berbanding lurus dengan jumlah produk yang didistribusikan.
4. Kapasitas maksimal truk yang dapat digunakan untuk melakukan distribusi adalah sebesar 30 ton.

4.2 Perancangan Data

Data masukan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data biaya distribusi, waktu distribusi, persediaan, permintaan, persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan permintaan, alokasi, serta persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan alokasi. Jumlah persediaan untuk seluruh jenis pupuk pada gudang Gresik adalah sebesar 1.750.000 ton. Persentase jumlah persediaan pada gudang untuk masing-masing jenis pupuk ditunjukkan pada Tabel 4.1.


Tabel 4. 1 Persentase Jumlah Persediaan Masing-Masing Jenis Pupuk pada Gudang

Jenis Pupuk	Persentase Jumlah Persediaan
Urea	8%
ZA	23%
SP-36	14%
Phonska	39%
Petroganik	16%

Berdasarkan tabel di atas, maka jumlah persediaan pupuk phonska adalah 39% dari total kapasitas persediaan yaitu sebesar 682.500 ton. Sedangkan data permintaan dan alokasi yang digunakan merupakan data realisasi penjualan dan alokasi pupuk phonska periode Januari 2013 hingga Oktober 2014 untuk wilayah Jawa Timur. Data realisasi penjualan dapat dilihat pada Tabel 4.2 untuk tahun 2013 dan Tabel 4.3 untuk tahun 2014. Sedangkan data alokasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 untuk tahun 2013 dan Tabel 4.5 untuk tahun 2014.

Tabel 4. 2 Data Realisasi Penjualan Tahun 2013


Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	355	410	525	825	425	325	225	325	675	775
Ponorogo	2471	1165	1875	3080	2610	840	575	1385	2435	2145
Trenggalek	1390	575	405	960	1170	1025	75	380	525	990
Tulungagung	1810	2175	1000	725	1430	1900	950	1075	1780	2330
Blitar	3505	3305	2045	1600	1950	2245	1665	1310	2325	2425
Kediri	3408	3204	2419	3045	3600	2480	1945	2630	3410	3183
Malang	2676	3419	2085	1900	2200	1100	1955	3525	4175	3880
Lumajang	1563	1756	1040	1224	1329	1015	675	1070	1875	992
Jember	2915	2500	1140	2270	2615	2987	1996	2020	2964	1305
Banyuwangi	2435	2820	1430	2720	2525	2380	2225	1435	2445	1080
Bondowoso	535	595	575	610	770	375	465	375	645	789
Situbondo	578	390	395	385	415	305	260	460	606	663
Probolinggo	675	1190	495	770	1065	615	725	579	835	365
Pasuruan	1085	1320	975	1205	2025	660	1175	1280	1550	760
Sidoarjo	1875	1675	1575	1130	1800	1275	900	470	882	617



Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Mojokerto	2321	1617	1525	1725	1710	1790	1795	1953	3005	1081
Jombang	1825	1300	825	1725	2475	1775	950	825	1800	1050
Nganjuk	2075	1650	2165	3550	2400	2890	1750	1825	3275	1190
Madiun	995	510	2245	3410	1285	675	1375	2340	1235	758
Magetan	750	850	2805	1720	1125	1035	1260	1930	1402	1456
Ngawi	1110	3335	5485	4513	1850	2050	3490	4075	1500	3902
Bojonegoro	3510	3570	4250	5255	2265	1465	1715	1475	1810	3347
Tuban	2520	2045	3285	3060	2425	2895	1720	1575	2260	2792
Lamongan	2441	1550	3850	5100	3075	2775	1975	3075	1606	2475
Gresik	1251	325	950	1915	950	850	750	925	650	780

Tabel 4. 3 Data Realisasi Penjualan Tahun 2014

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	1000	525	600	746	350	175	200	590	725	700
Ponorogo	4530	1805	2095	2106	2983	1212	1224	2398	2820	1735
Trenggalek	1855	1005	660	707	1405	540	255	538	1004	1202
Tulungagung	2180	2005	950	385	1982	1700	465	997	1019	2896
Blitar	3676	2865	2026	1159	1997	1749	1480	1440	2020	2559
Kediri	5582	2334	2733	3003	3924	2895	2227	3661	4016	3248
Malang	4782	2640	2565	1553	1690	2665	2200	3320	2075	3610
Lumajang	1900	1713	945	875	1271	1060	1145	803	914	1004
Jember	4460	2165	1750	2240	3190	2420	2165	2911	3485	2395
Banyuwangi	3200	3400	2025	2125	1852	2600	3025	3075	2300	1400
Bondowoso	780	825	325	565	735	662	425	930	315	330
Situbondo	725	780	371	323	421	585	330	770	280	300
Probolinggo	1316	1120	460	575	890	716	361	740	715	725
Pasuruan	1935	1745	750	585	903	1104	906	830	590	640
Sidoarjo	1058	340	150	225	655	352	600	600	225	374



Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Mojokerto	2370	1720	1616	1516	2065	1745	1813	1770	1879	1994
Jombang	3175	1375	550	1850	2810	1600	750	1150	1408	1100
Nganjuk	3609	1045	1775	3644	3031	2697	3010	3882	2758	1600
Madiun	3103	448	2218	3685	1424	414	1939	2078	1051	1357
Magetan	2060	1305	2150	1722	1353	857	1727	2037	1676	2033
Ngawi	2955	2905	6060	3098	1788	2154	4813	2695	2068	3126
Bojonegoro	4808	2191	3179	5703	2535	1630	1728	1736	3387	4423
Tuban	5355	2075	1695	2920	1800	1940	1410	1955	2260	3030
Lamongan	5425	1825	3195	4460	3714	2859	2504	1945	2615	3628
Gresik	1939	570	1050	1875	1309	375	852	655	500	1000

Tabel 4. 4 Data Alokasi Tahun 2013

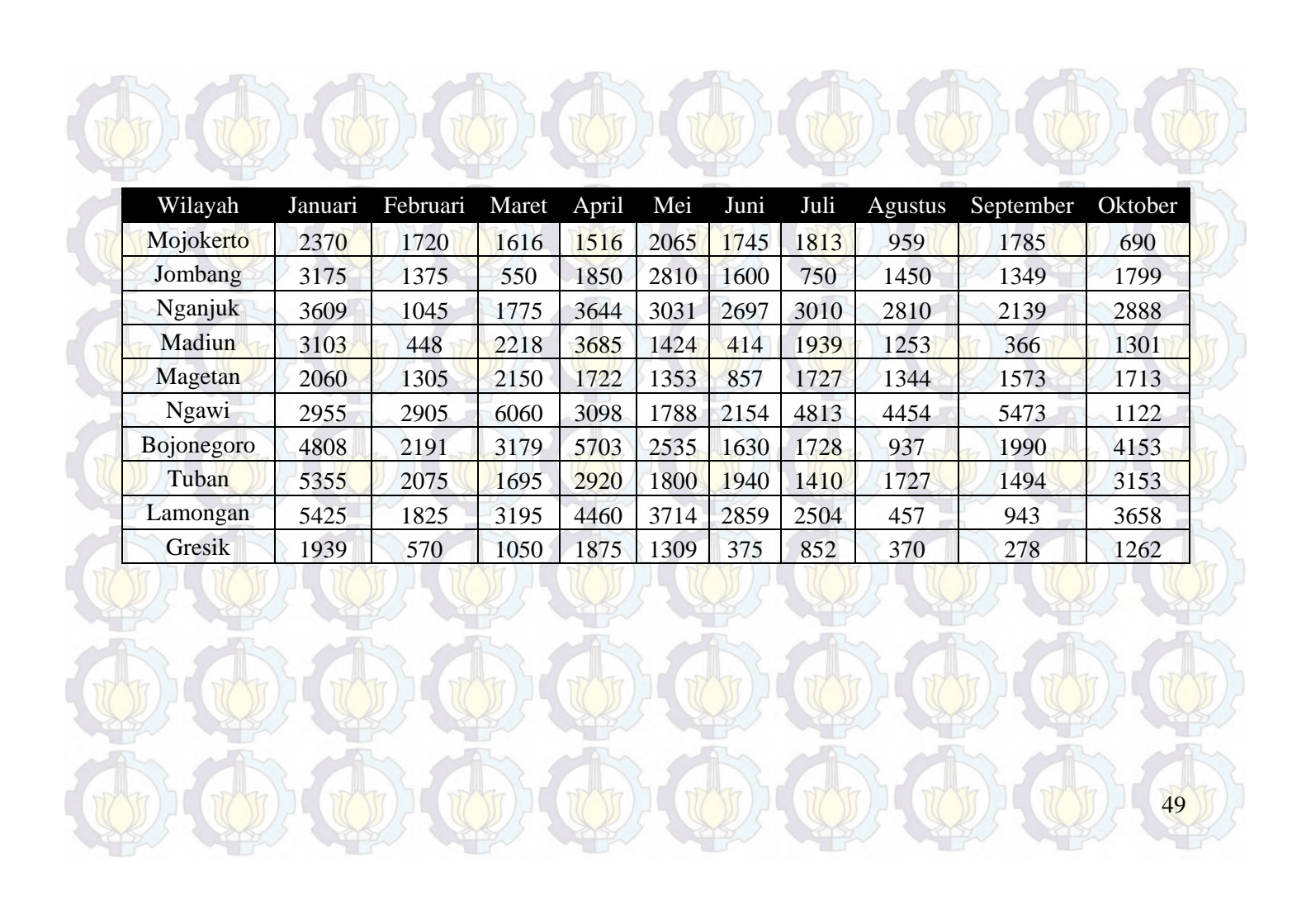
Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	819	603	696	1095	380	543	276	190	431	653
Ponorogo	2198	1697	2893	4229	1376	670	2428	1015	1687	2179
Trenggalek	1241	810	1205	1334	1403	377	550	394	532	834
Tulungagung	1216	1086	1083	1376	1178	2382	1113	1390	1582	1013
Blitar	3173	1895	1862	2148	2347	1830	1684	2046	1779	2336
Kediri	2759	3018	2414	2500	2242	7510	2328	1724	1811	8010
Malang	3880	2929	1367	1548	3758	2212	3505	3850	3744	4937
Lumajang	1517	1086	1111	1131	891	745	883	840	1693	2199
Jember	3500	2275	1401	2226	2225	2587	2092	2609	2023	1328
Banyuwangi	3785	2342	1710	3236	3123	3632	1609	1479	1420	1084
Bondowoso	500	525	411	489	701	662	783	658	862	818
Situbondo	507	793	691	384	601	635	333	351	453	623
Probolinggo	836	1087	830	666	730	155	377	386	951	969
Pasuruan	2628	1215	1023	747	1471	902	1256	1238	1557	1066
Sidoarjo	302	647	431	731	2111	2522	1498	1885	1578	776



Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Mojokerto	1707	1026	702	1590	2065	1944	1832	2427	1392	1340
Jombang	1983	957	741	2291	3659	2199	1023	1194	1006	1300
Nganjuk	1431	1802	4779	3849	1517	2345	1337	1940	3763	4899
Madiun	808	1101	3541	2110	868	911	2429	2006	980	914
Magetan	1595	1733	2268	1974	2440	1112	1526	1612	2250	1923
Ngawi	2931	4656	2153	4394	4522	2311	2792	3075	6308	2141
Bojonegoro	3449	3104	3875	3099	944	1375	2069	948	2586	3535
Tuban	3018	2586	3015	3877	2326	1585	2757	2240	1894	3013
Lamongan	3017	2586	4045	3356	2410	2149	3101	1894	2118	4135
Gresik	767	854	1093	1775	1508	723	860	232	705	1024

Tabel 4. 5 Data Alokasi Tahun 2014

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	1000	525	600	746	350	175	200	37	19	581
Ponorogo	4530	1805	2095	2106	2983	1212	1224	697	436	2370
Trenggalek	1865	1005	660	697	1405	540	255	45	347	852
Tulungagung	2180	2005	950	385	1982	1700	465	889	1818	1734
Blitar	3676	2865	2026	1159	1997	1749	1480	874	976	2541
Kediri	5582	2334	2733	3003	3924	2895	2227	2041	2759	3498
Malang	4819	2596	2565	1553	1690	2665	2200	394	675	3936
Lumajang	1900	1713	945	875	1271	1060	1145	724	907	1108
Jember	4460	2165	1750	2240	3190	2420	2165	2014	3664	3820
Banyuwangi	3200	3400	2025	2125	1852	2600	3025	2103	2418	2826
Bondowoso	780	825	325	565	735	662	425	315	231	1156
Situbondo	725	780	371	323	421	585	330	297	516	492
Probolinggo	1316	1120	460	575	890	716	361	538	578	1256
Pasuruan	1935	1745	750	585	903	1104	906	909	1196	1106
Sidoarjo	1058	340	150	225	655	352	600	825	1207	1560



Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Mojokerto	2370	1720	1616	1516	2065	1745	1813	959	1785	690
Jombang	3175	1375	550	1850	2810	1600	750	1450	1349	1799
Nganjuk	3609	1045	1775	3644	3031	2697	3010	2810	2139	2888
Madiun	3103	448	2218	3685	1424	414	1939	1253	366	1301
Magetan	2060	1305	2150	1722	1353	857	1727	1344	1573	1713
Ngawi	2955	2905	6060	3098	1788	2154	4813	4454	5473	1122
Bojonegoro	4808	2191	3179	5703	2535	1630	1728	937	1990	4153
Tuban	5355	2075	1695	2920	1800	1940	1410	1727	1494	3153
Lamongan	5425	1825	3195	4460	3714	2859	2504	457	943	3658
Gresik	1939	570	1050	1875	1309	375	852	370	278	1262

Untuk mengetahui nilai faktor yang mempengaruhi penurunan, dilakukan penghitungan persentase rata-rata jumlah penurunan pada seluruh wilayah untuk masing-masing bulan di tahun 2013 dan 2014. Sebaliknya, nilai faktor yang mempengaruhi peningkatan didapatkan dari persentase rata-rata jumlah peningkatan pada seluruh wilayah untuk masing-masing bulan di tahun 2013 dan 2014. Nilai faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan untuk masing-masing bulan dapat dilihat pada Tabel 4.6 untuk nilai faktor yang mempengaruhi permintaan dan Tabel 4.7 untuk nilai faktor yang mempengaruhi alokasi.

Tabel 4. 6 Persentase Faktor yang Mempengaruhi Penurunan dan Peningkatan Permintaan

Bulan	Faktor Penurunan	Faktor Kenaikan
Januari	44%	77%
Februari	23%	39%
Maret	23%	25%
April	23%	5%
Mei	24%	18%
Juni	29%	41%
Juli	25%	47%
Agustus	22%	55%
September	35%	36%
Oktober	28%	37%

Tabel 4. 7 Persentase Faktor yang Mempengaruhi Penurunan dan Peningkatan Alokasi

Bulan	Faktor Penurunan	Faktor Kenaikan
Januari	21%	77%
Februari	27%	44%

Bulan	Faktor Penurunan	Faktor Kenaikan
Maret	30%	66%
April	31%	29%
Mei	35%	58%
Juni	33%	60%
Juli	27%	55%
Agustus	44%	39%
September	47%	42%
Oktober	32%	49%

4.3 Penghitungan *Single Objective Linear Programming*
Single Objective Linear Programming merupakan metode optimasi untuk menyelesaikan satu fungsi tujuan. Hasil dari penghitungan *Single Objective Linear Programming* akan menjadi masukan bagi penghitungan dengan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming*.

4.3.1 Perumusan Model *Single Objective Linear Programming*

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai model *Single Objective Linear Programming* yang dirumuskan untuk menyelesaikan permasalahan distribusi pada PT. Petrokimia Gresik (Persero).

4.3.1.1 Penentuan Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam tugas akhir ini menyatakan jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga di wilayah Jawa Timur, yaitu sebagai berikut.

Q_1 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Pacitan.

Q_2 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Ponorogo.

Q_3 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Trenggalek.

Q_4 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Tulungagung.

Q_5 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Blitar.

Q_6 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Kediri.

Q_7 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Malang.

Q_8 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Lumajang.

Q_9 = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Jember.

Q_{10} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang Banyuwangi.

Q_{11} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Bondowoso.

Q_{12} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Situbondo.

Q_{13} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Probolinggo.

Q_{14} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Pasuruan.

Q_{15} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Sidoarjo.

Q_{16} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Mojokerto.

Q_{17} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Jombang.

Q_{18} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Nganjuk.

Q_{19} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Madiun.

Q_{20} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Magetan.

Q_{21} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Ngawi.

Q_{22} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Bojonegoro.

Q_{23} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Tuban.

Q_{24} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Lamongan.

Q_{25} = Jumlah produk pupuk (ton) dari gudang Gresik ke gudang penyangga Gresik.

4.3.1.2 Perumusan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan tugas akhir ini adalah meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi.

1. Meminimalkan biaya distribusi

Biaya distribusi merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendistribusikan setiap ton pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan. Berikut merupakan perumusan fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi.

$$\text{Min } z_1 \cong \sum_{j=1}^n C_j Q_j \quad (4.1)$$

Keterangan:

Q_j = Jumlah produk yang dikirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (ton)

C_j = Biaya distribusi per unit pupuk yang dikirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Rp/ton)

Berdasarkan perumusan fungsi tujuan di atas, maka fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Min } z_1 \cong & 4000Q_1 + 4000Q_2 + 4000Q_3 + \\ & 3000Q_4 + 3000Q_5 + 2000Q_6 + 2000Q_7 + \\ & 3000Q_8 + 3000Q_9 + 4000Q_{10} + 4000Q_{11} + \\ & 3000Q_{12} + 2000Q_{13} + 1000Q_{14} + 1000Q_{15} + \\ & 1000Q_{16} + 1000Q_{17} + 2000Q_{18} + 1000Q_{19} + \\ & 2000Q_{20} + 2000Q_{21} + 1000Q_{22} + 1000Q_{23} + \\ & 1000Q_{24} + 1000Q_{25} \end{aligned} \quad (4.2)$$

2. Meminimalkan waktu distribusi

Waktu distribusi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mendistribusikan pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan. Berikut merupakan perumusan fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi.

$$\text{Min } z_2 \cong \sum_{j=1}^n t_j Q_j \quad (4.3)$$

Keterangan:

Q_j = Jumlah produk yang dikirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (ton)

t_j = Waktu distribusi dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (jam)

Berdasarkan perumusan fungsi tujuan di atas, maka fungsi tujuan untuk meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Min } z_2 \cong & 5.5Q_1 + 4.05Q_2 + 4.4Q_3 + 3.37Q_4 + \\ & 3.5Q_5 + 2.65Q_6 + 2.15Q_7 + 3.23Q_8 + 3.85Q_9 + \\ & 5.38Q_{10} + 4.22Q_{11} + 3.73Q_{12} + 2.05Q_{13} + \\ & 1.38Q_{14} + 0.92Q_{15} + 1.3Q_{16} + 1.75Q_{17} + \\ & 2.52Q_{18} + 0.45Q_{19} + 3.82Q_{20} + 3.25Q_{21} + \\ & 1.8Q_{22} + 1.55Q_{23} + 0.65Q_{24} + 0.1Q_{25} \end{aligned} \quad (4.4)$$

4.3.1.3 Perumusan Batasan

Batasan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah batasan persediaan, batasan permintaan masing-masing Kabupaten, dan batasan alokasi masing-masing Kabupaten.

1. Batasan Persediaan

Batasan ini berfungsi untuk dapat memberikan batasan distribusi produk sesuai dengan persediaan yang terdapat pada gudang Gresik. Jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan harus kurang dari atau sama dengan jumlah persediaan produk yang terdapat pada gudang Gresik. Perumusan batasan persediaan adalah sebagai berikut.

$$\sum_{j=1}^n Q_j \leq S_i \quad (4.5)$$

Keterangan:

Q_j = Jumlah produk yang dikirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (ton)

S_i = Total persediaan produk di gudang Gresik (ton)

2. Batasan Permintaan

Batasan ini berfungsi untuk dapat memberikan batasan distribusi produk sesuai dengan permintaan yang terdapat pada masing-masing wilayah. Jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan harus lebih dari atau sama dengan jumlah permintaan masing-masing wilayah. Karena bersifat *fuzzy*, maka jumlah permintaan masing-masing wilayah terdiri dari 3 nilai, yaitu nilai pesimis, nilai yang paling sering keluar, dan nilai optimis. Masing-masing nilai kemudian diberikan bobot *fuzzy* yang berbeda. Pada tugas akhir ini, digunakan konsep nilai yang paling sering keluar dimana bobot untuk nilai pesimis adalah sebesar $1/6$, nilai yang paling sering keluar sebesar $4/6$, dan nilai optimis sebesar $1/6$ untuk semua batasan *fuzzy* [22]. Alasan pemberian bobot tersebut adalah karena nilai yang paling sering keluar secara umum merupakan nilai yang paling utama, sehingga harus diberikan bobot yang lebih besar. Sementara, nilai pesimis dan optimis yang memberikan solusi batasan *fuzzy*, masing-masing terlalu pesimis dan optimis sehingga harus diberikan bobot yang lebih kecil. Perumusan batasan permintaan masing-masing wilayah adalah sebagai berikut.

$$\sum_{j=1}^n Q_j \geq \tilde{D}_j \quad (4.6)$$

Keterangan:

Q_j = Jumlah produk yang dikirim dari gudang
Gresik ke gudang penyangga tujuan (ton)

\tilde{D}_j = Total permintaan produk pada masing-masing
Kabupaten (ton)

3. Batasan Alokasi

Batasan ini berfungsi untuk dapat memberikan batasan distribusi produk sesuai dengan alokasi yang diberikan untuk masing-masing wilayah. Jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan harus kurang dari atau sama dengan jumlah alokasi masing-masing wilayah. Karena bersifat *fuzzy*, maka jumlah alokasi masing-masing wilayah diubah juga menjadi 3 nilai, yaitu nilai pesimis, nilai yang paling sering keluar, dan nilai optimis seperti yang telah dijelaskan pada batasan sebelumnya, yaitu batasan permintaan. Perumusan batasan alokasi masing-masing wilayah adalah sebagai berikut.

$$\sum_{j=1}^n Q_j \leq A_j \quad (4.7)$$

Keterangan:

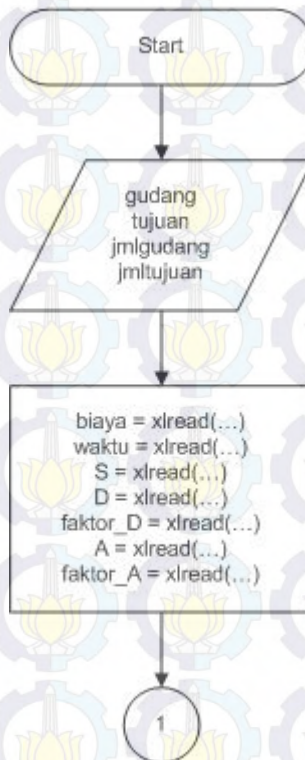
Q_j = Jumlah produk yang dikirim dari gudang
Gresik ke gudang penyangga tujuan (ton)

A_j = Total alokasi produk untuk masing-masing
Kabupaten (ton)

4.3.2 Penginputan Data

Sebelum program melakukan suatu proses, maka perlu dilakukan inisialisasi terlebih dahulu. Data yang diinisialisasi adalah data gudang utama (gudang), gudang penyangga (tujuan), jumlah gudang utama (jmlgudang), dan jumlah

gudang penyangga (jmltujuan). Data masukan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data biaya distribusi (biaya), data waktu distribusi (waktu), data persediaan (S), data permintaan (D), data persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan permintaan (faktor_D), data alokasi (A), dan data persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan alokasi (faktor_A). Penginputan data-data tersebut dilakukan dengan menggunakan fungsi *xlread* karena data berasal dari *file* Microsoft Excel. Proses penginputan data ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.2.

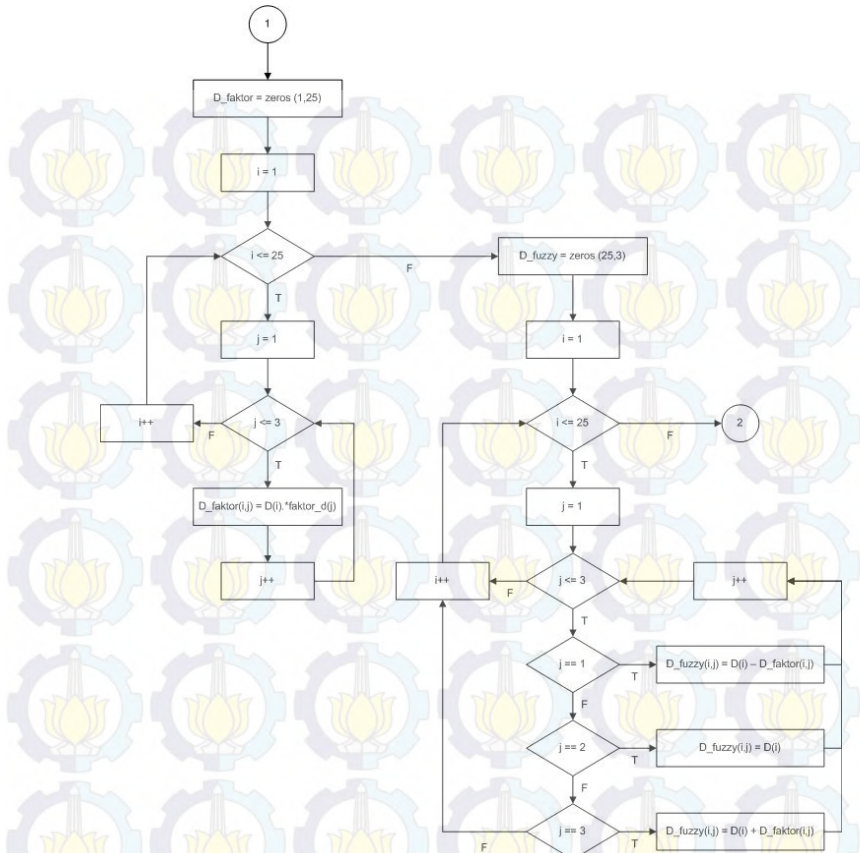


Gambar 4. 2 Diagram Alur Penginputan Data

4.3.3 Pengubahan Nilai Permintaan dan Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

Data-data permintaan dan alokasi diubah menjadi 3 nilai, yaitu nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis karena bersifat *fuzzy*. Untuk mengubah nilai permintaan menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis, sebelumnya dibuat matriks kosong D_faktor dengan fungsi *zeros* untuk menyimpan hasil perkalian antara nilai permintaan dengan faktor peningkatan dan faktor penurunan. Nilai pesimis dan nilai optimis didapatkan dengan melakukan perkalian antara nilai permintaan dengan faktor yang mempengaruhi permintaan, yaitu faktor yang mempengaruhi penurunan permintaan untuk nilai pesimis dan faktor yang mempengaruhi peningkatan permintaan untuk nilai optimis. Kemudian dibuat matriks kosong D_fuzzy dengan fungsi *zeros* untuk menyimpan hasil nilai permintaan pesimis, paling sering keluar, dan optimis. Untuk menghasilkan nilai pesimis, nilai permintaan yang didapatkan dari data historis PT. Petrokimia Gresik (Persero) dikurangi dengan hasil perkalian dengan faktor yang mempengaruhi penurunan. Nilai yang paling sering keluar merupakan nilai asli permintaan dari data historis PT. Petrokimia Gresik (Persero). Sementara, untuk menghasilkan nilai optimis, nilai permintaan yang didapatkan dari data historis PT. Petrokimia Gresik (Persero) dijumlahkan dengan hasil perkalian dengan faktor yang mempengaruhi peningkatan. Proses pengubahan nilai permintaan menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.3.

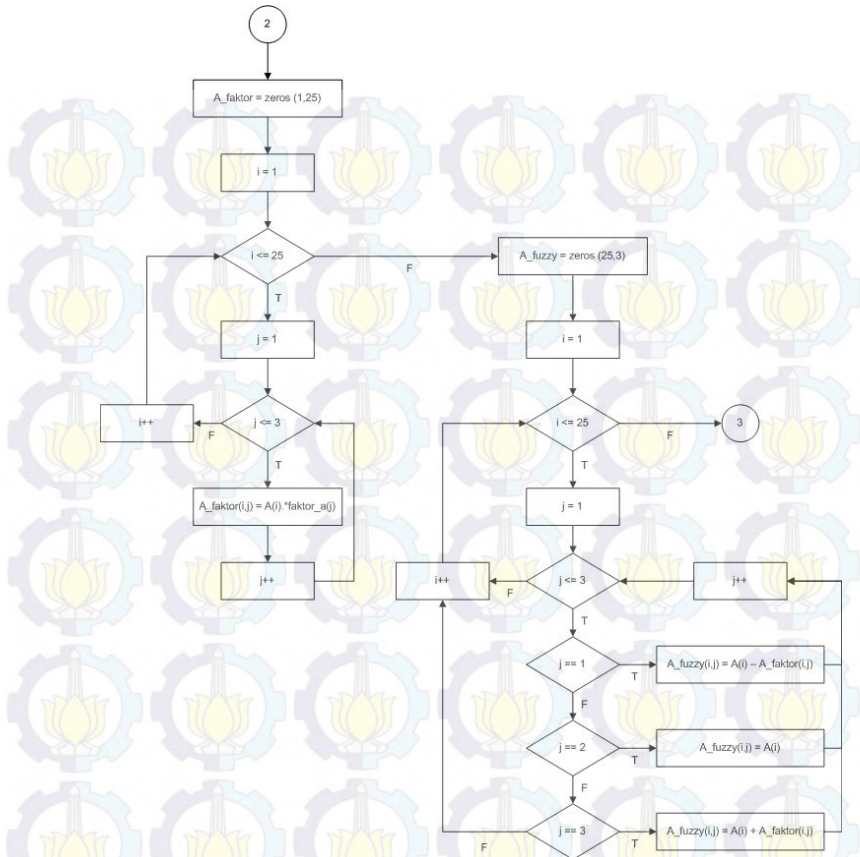
Pengubahan nilai alokasi dilakukan dengan proses yang sama, namun menggunakan data yang berbeda, yaitu data alokasi dan faktor yang mempengaruhi alokasi. Proses pengubahan nilai alokasi menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Diagram Alur Pengubahan Nilai Permintaan menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

4.3.4 Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot *Fuzzy*

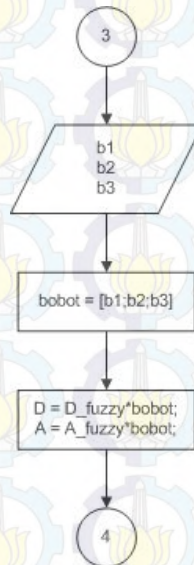
Untuk melakukan proses perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot *fuzzy*, sebelumnya dilakukan inisialisasi nilai bobot *fuzzy* terlebih dahulu.



Gambar 4. 4 Diagram Alur Perubahan Nilai Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

Bobot *fuzzy* untuk nilai pesimis (b1) adalah sebesar 1/6, bobot *fuzzy* untuk nilai paling sering keluar (b2) adalah sebesar 4/6, dan bobot *fuzzy* untuk nilai optimis (b3) adalah sebesar 1/6. Ketiga nilai bobot *fuzzy* yang telah diinisialisasi kemudian disimpan dalam matriks bobot.

Nilai permintaan didapatkan dari hasil perkalian antara matriks D_{fuzzy} (nilai permintaan pesimis, paling sering keluar, dan optimis) dengan matriks bobot. Sama halnya dengan nilai alokasi yang didapatkan dari hasil perkalian antara matriks A_{fuzzy} (nilai alokasi pesimis, paling sering keluar, dan optimis) dengan matriks bobot. Proses perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot *fuzzy* ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Diagram Alur Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot Fuzzy

4.3.5 Pengimplementasian Model *Single Objective Linear Programming*

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai perancangan implementasi fungsi tujuan dan batasan *Single Objective Linear Programming* yang telah dirumuskan pada sub bab 4.3.1.

4.3.5.1 Pengimplementasian Fungsi Tujuan

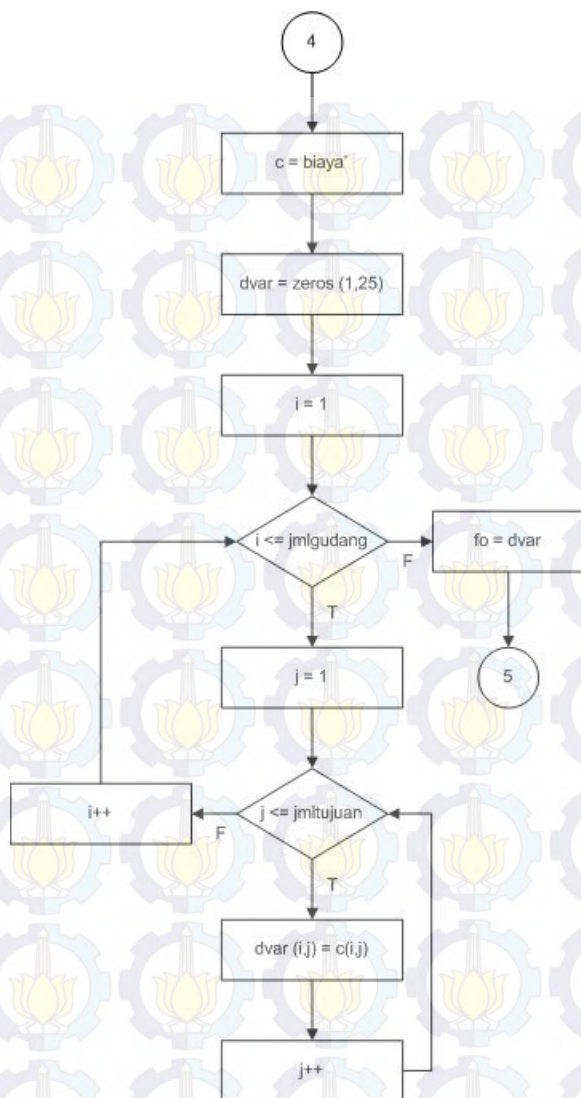
Fungsi tujuan tugas akhir ini adalah meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi. Penjelasan pengimplementasian masing-masing fungsi tujuan adalah sebagai berikut.

1. Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi

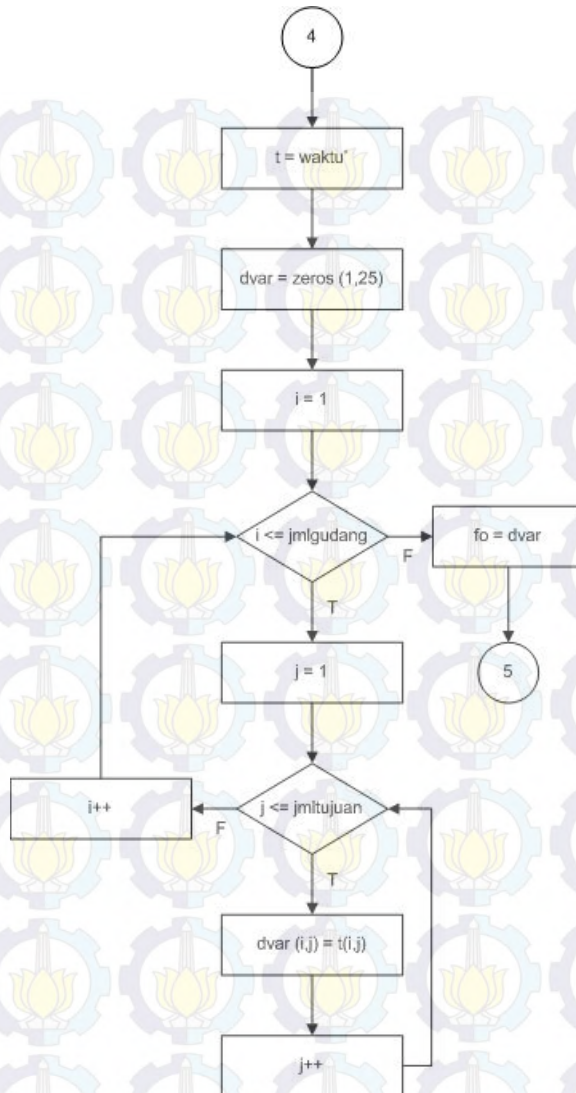
Untuk melakukan proses pengimplementasian fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi, sebelumnya dilakukan *transpose* matriks biaya menjadi matriks c . Kemudian, dibuat matriks kosong bernama $dvar$ dengan fungsi zeros yang berfungsi untuk menyimpan hasil dari variabel keputusan. Koefisien yang digunakan pada fungsi tujuan ini adalah variabel biaya (c). Terakhir, matriks $dvar$ diubah menjadi matriks fo . Proses pengimplementasian fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.6.

2. Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Waktu Distribusi

Sama halnya dengan perancangan implementasi fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, untuk melakukan proses pengimplementasian fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi dilakukan *transpose* matriks waktu menjadi matriks t dan dibuat matriks kosong bernama $dvar$ dengan fungsi zeros yang berfungsi untuk menyimpan hasil dari variabel keputusan. Perbedaanannya, koefisien yang digunakan adalah variabel waktu (t). Terakhir, matriks $dvar$ diubah menjadi matriks fo . Proses pengimplementasian fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.7.



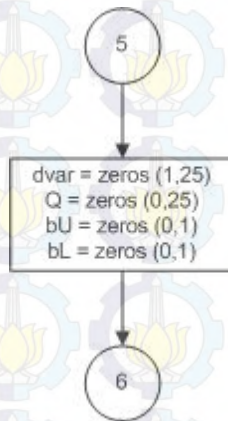
Gambar 4. 6 Diagram Alur Pengimplementasian Fungsi Tujuan
Meminimalkan Biaya Distribusi



Gambar 4. 7 Diagram Alur Pengimplementasian Fungsi Tujuan
Meminimalkan Waktu Distribusi

4.3.5.2 Pengimplementasian Batasan

Batasan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah batasan persediaan, batasan permintaan masing-masing Kabupaten, dan batasan alokasi masing-masing Kabupaten. Pada pengimplementasian batasan, dibuat *array* Q untuk menyimpan hasil sementara dari variabel keputusan, *array* bU untuk menyimpan batas atas batasan, dan *array* bL untuk menyimpan batas bawah batasan. Proses pengimplementasian batasan ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan

Penjelasan pengimplementasian masing-masing batasan adalah sebagai berikut.

1. Pengimplementasian Batasan Persediaan

Pada pengimplementasian batasan, kolom matriks dvar menunjukkan koefisien pada variabel keputusan. Karena koefisien variabel keputusan jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) pada batasan persediaan adalah 1, maka kolom matriks dvar pada batasan ini adalah 1. Berdasarkan batasan persediaan yang telah

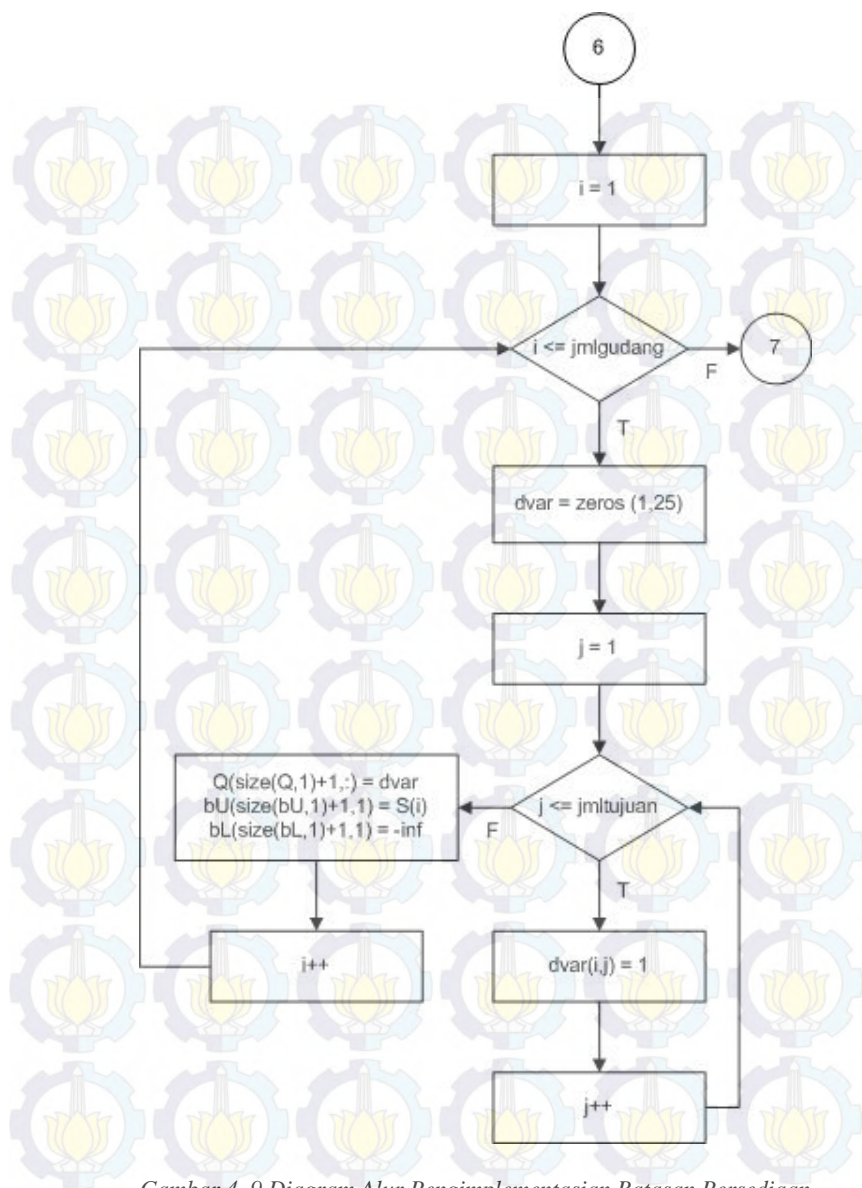
dirumuskan, jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) harus kurang dari atau sama dengan jumlah persediaan produk di gudang Gresik (S). Oleh karena itu, batas atas dari batasan ini (bU) adalah jumlah persediaan (S). Sedangkan batas bawah dari batasan ini (bL) adalah minus tak terhingga ($-\infty$). Proses pengimplementasian batasan persediaan ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.9.

2. Pengimplementasian Batasan Permintaan

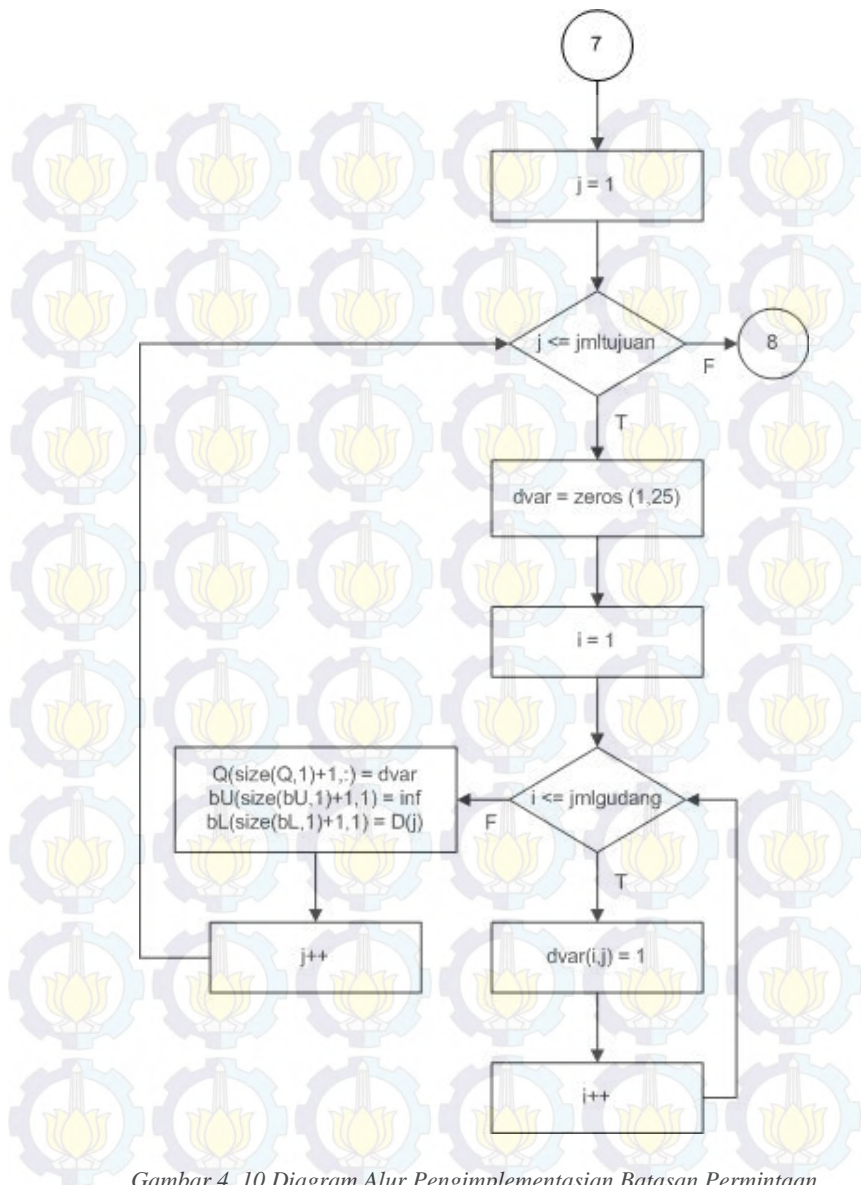
Pada batasan permintaan, jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) harus lebih dari atau sama dengan jumlah permintaan produk pada masing-masing Kabupaten (D). Oleh karena itu, batas atas dari batasan ini (bU) adalah tak terhingga ($+\infty$). Sedangkan batas bawah dari batasan ini (bL) adalah jumlah permintaan (D). Proses pengimplementasian batasan permintaan ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.10.

3. Pengimplementasian Batasan Alokasi

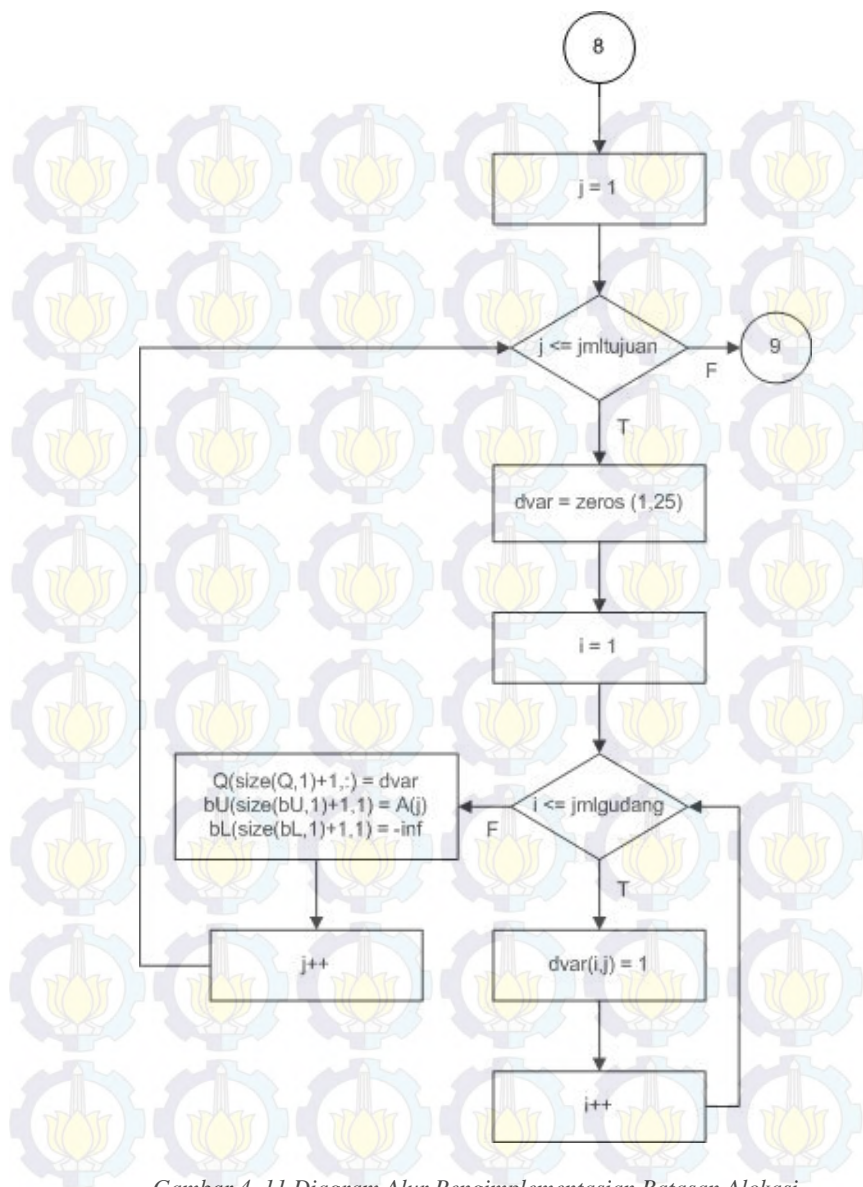
Pada batasan alokasi, jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) harus kurang dari atau sama dengan jumlah alokasi produk untuk masing-masing Kabupaten (A). Oleh karena itu, batas atas dari batasan ini (bU) adalah jumlah alokasi (A). Sedangkan batas bawah dari batasan ini (bL) adalah minus tak terhingga ($-\infty$). Proses pengimplementasian batasan permintaan ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 9 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Persediaan



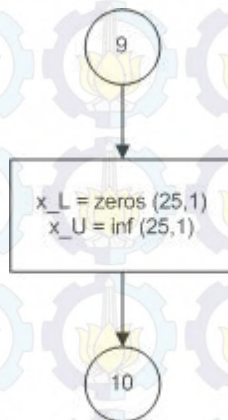
Gambar 4. 10 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Permintaan



Gambar 4. 11 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Alokasi

4. Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah

Batasan terakhir pada pengimplementasian model *Single Objective Linear Programming* adalah batasan atas dan batasan bawah hasil yang menjadi keluaran. Oleh karena itu, batasan bawah (x_L) adalah 0. Sedangkan batasan atas (x_U) adalah tak terhingga. Proses pengimplementasian batasan atas dan batasan bawah ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.12.

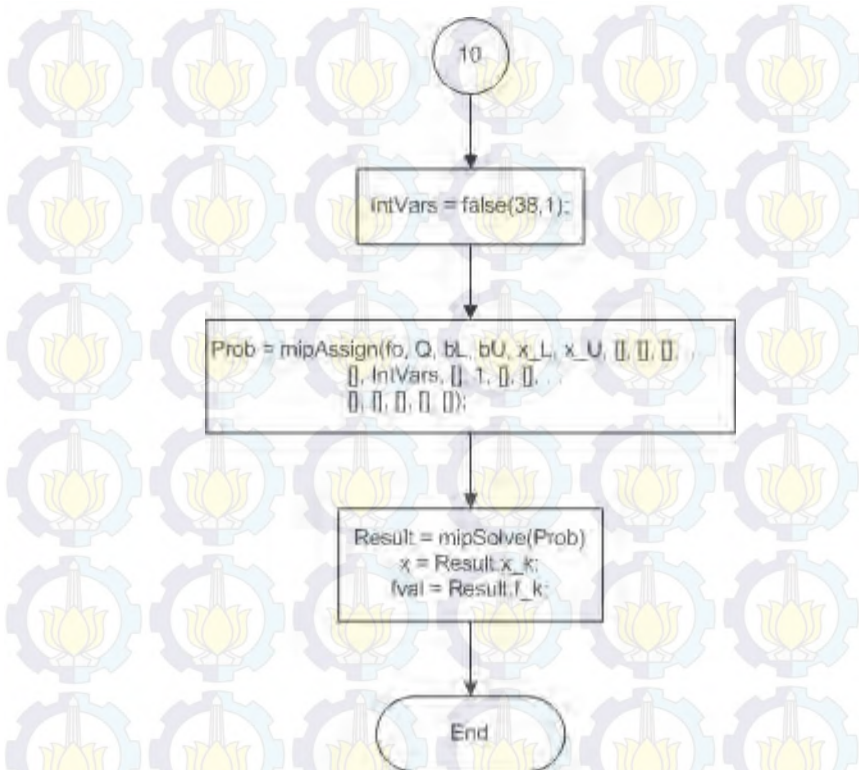


Gambar 4. 12 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah

4.3.6 Penyelesaian Model *Single Objective Linear Programming*

Pada penyelesaian model *Single Objective Linear Programming*, digunakan *toolbox* Tomlab dengan fungsi `mipAssign`. `x` berfungsi untuk menyimpan hasil variabel keputusan. Sedangkan `fval` berfungsi untuk menyimpan nilai z_1 untuk solusi fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan z_2 untuk solusi fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi. Proses penyelesaian model *single objective linear*

programming ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.13.



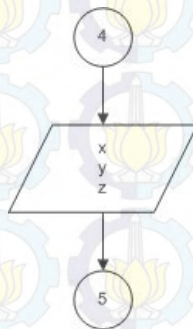
Gambar 4. 13 Diagram Alur Penyelesaian Model Single Objective Linear Programming

4.4 Penghitungan Fuzzy Multi-Objective Linear Programming

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai perancangan penghitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP). Data masukan yang digunakan dalam melakukan penghitungan dengan metode FMOLP adalah sama dengan data yang digunakan dalam

melakukan penghitungan dengan metode *Single Objective Linear Programming*. Untuk melakukan penghitungan dengan metode FMOLP juga dilakukan proses penginputan data seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3.2, proses pengubahan nilai permintaan dan alokasi menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3.3, serta proses perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot *fuzzy* yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3.4.

Perbedaan antara *Single Objective Linear Programming* dan FMOLP adalah adanya penambahan variabel deviational non negatif pada penghitungan FMOLP. Oleh karena itu, setelah dilakukan proses perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot *fuzzy*, dilakukan proses inisialisasi variabel deviational non negatif. Proses inisialisasi tersebut meliputi inisialisasi jumlah variabel deviational non negatif secara keseluruhan (x), jumlah variabel deviational non negatif pada batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_1(Z_1)$ (y), dan jumlah variabel deviational non negatif pada batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_2(Z_2)$ (z). Proses penginisialisasian variabel deviational non negatif ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.14.



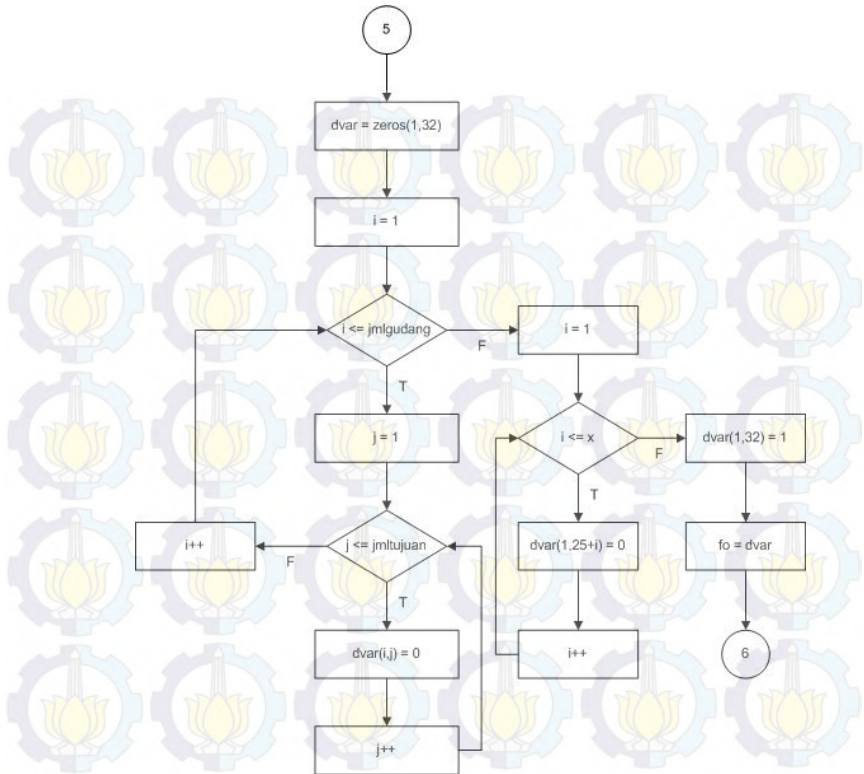
Gambar 4. 14 Diagram Alur Penginisialisasian Variabel Deviational Non Negatif

4.4.1 Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP

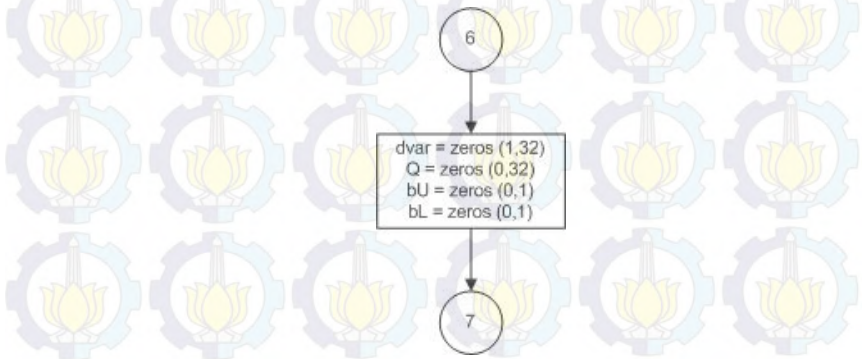
Fungsi tujuan model FMOLP adalah memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan (L). Pada pengimplementasian fungsi tujuan FMOLP, dibuat matriks $dvar$ dengan fungsi zeros yang merupakan matriks kosong untuk menyimpan hasil dari variabel keputusan. Matriks $dvar$ memiliki kolom sejumlah 32. Jumlah kolom tersebut sesuai dengan jumlah variabel keputusan yang terdiri dari 25 variabel Q (variabel keputusan jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan), 6 variabel d (variabel deviational non negatif), dan 1 variabel L (variabel tingkat kepuasan pengambil keputusan). Karena fungsi tujuan adalah memaksimalkan L , maka koefisien untuk variabel Q dan d adalah 0, sedangkan koefisien untuk variabel L adalah 1. Terakhir, matriks $dvar$ diubah menjadi matriks fo . Proses pengimplementasian fungsi tujuan FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.15.

4.4.2 Pengimplementasian Batasan FMOLP

Seperti pada pengimplementasian batasan *Single Objective Linear Programming* yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3.5.2, untuk melakukan pengimplementasian batasan FMOLP terlebih dahulu dibuat *array* Q dengan jumlah kolom sesuai dengan jumlah variabel keputusan yang berfungsi untuk menyimpan hasil sementara dari variabel keputusan, *array* bU untuk menyimpan batas atas batasan, dan *array* bL untuk menyimpan batas bawah batasan. Proses pengimplementasian batasan FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 15 Diagram Alur Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP



Gambar 4. 16 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan FMOLP

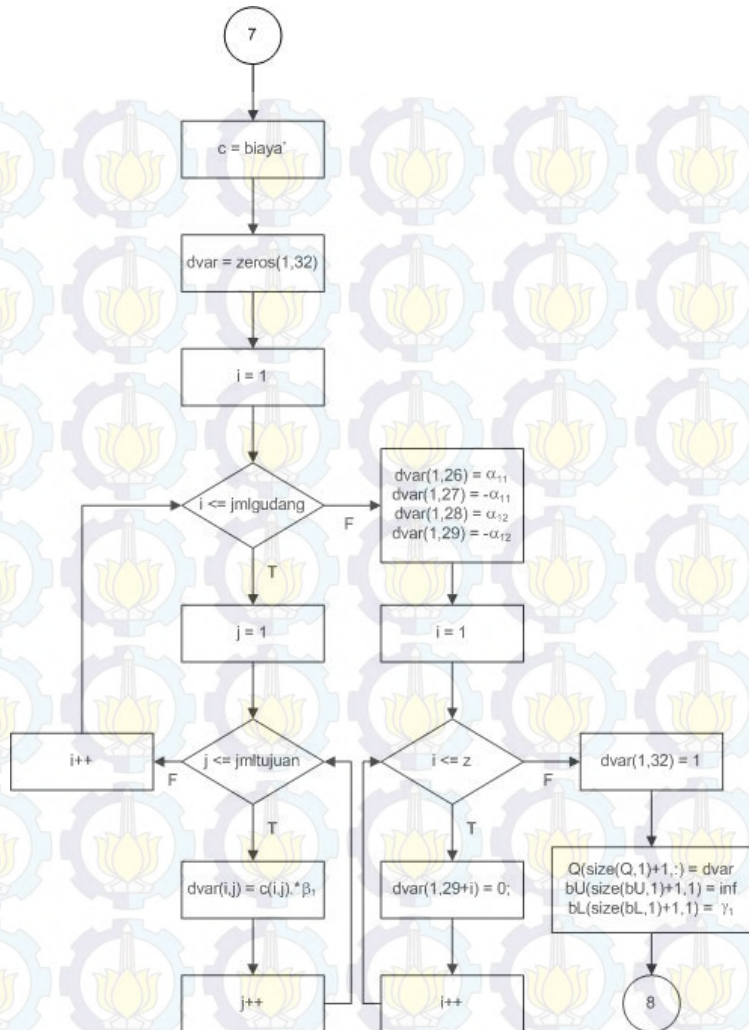
Penjelasan pengimplementasian masing-masing batasan adalah sebagai berikut.

1. Pengimplementasian Batasan bahwa Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan kurang dari sama dengan $f_1(Z_1)$

Pada pengimplementasian batasan, kolom matriks dvar menunjukkan koefisien pada variabel keputusan. Koefisien Q pada batasan ini adalah perkalian antara variabel biaya (c) dengan nilai beta pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi (β_1). Koefisien d pada kolom matriks dvar 26 dan 27 adalah nilai alfa yang menjadi koefisien d_{11} (α_{11}) dan koefisien d pada kolom matriks dvar 28 dan 29 adalah nilai alfa yang menjadi koefisien d_{12} (α_{12}). Koefisien d pada kolom matriks dvar 30 dan 31 adalah 0 karena merupakan koefisien d_{21} . Sedangkan koefisien L adalah 1. Batas atas dari batasan ini (bU) adalah tak terhingga (inf) dan batas bawah dari batasan ini (bL) adalah nilai gamma pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi (γ_1). Proses pengimplementasian batasan pertama FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.17.

2. Pengimplementasian Batasan bahwa Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan kurang dari sama dengan $f_2(Z_2)$

Pada pengimplementasian batasan ini, koefisien Q adalah perkalian antara variabel waktu (t) dengan nilai beta pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi (β_2). Koefisien d pada kolom matriks dvar 26, 27, 28, dan 29 adalah 0 karena merupakan koefisien d_{11} dan d_{12} . Koefisien d pada kolom 30 dan 31 adalah nilai alfa yang menjadi koefisien d_{21} (α_{21}). Sedangkan koefisien L adalah 1.



Gambar 4. 17 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Pertama FMOLP

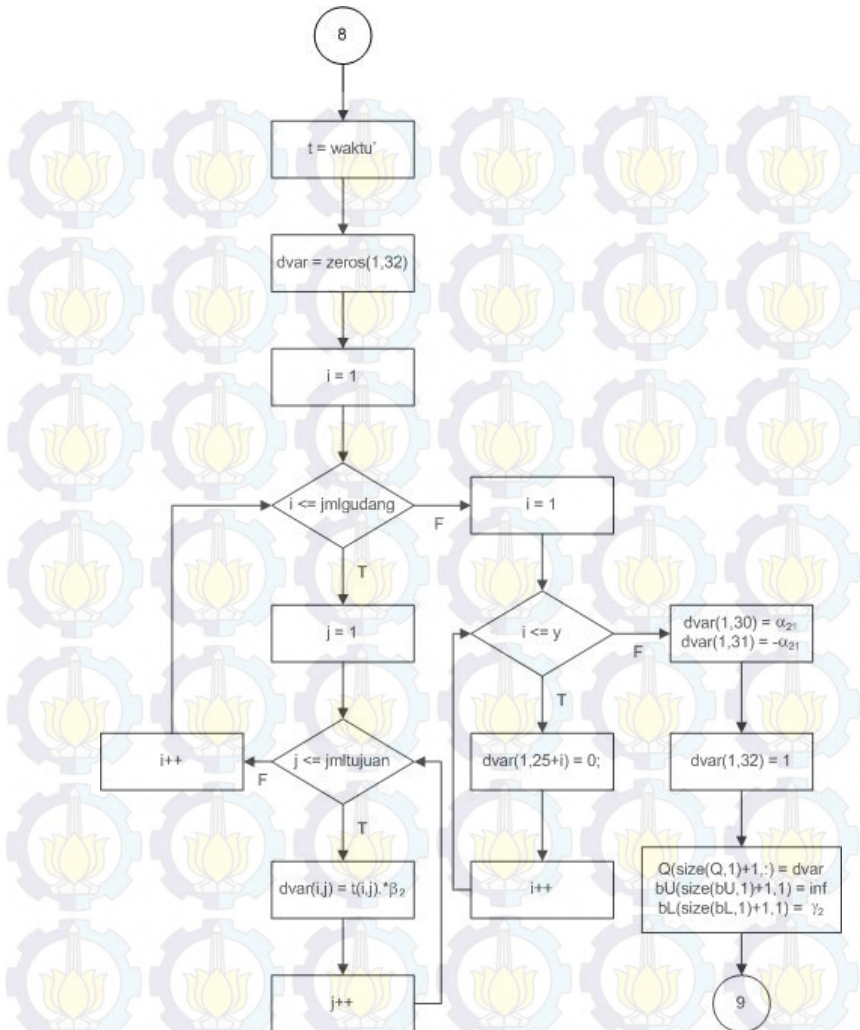
Batas atas dari batasan ini (bU) adalah tak terhingga (inf) dan batas bawah dari batasan ini (bL) adalah nilai gamma pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi (γ_2). Proses pengimplementasian batasan kedua FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.18.

3. Pengimplementasian Batasan Variabel Deviation Non Negatif Derajat Keanggotaan ke-1 pada Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi

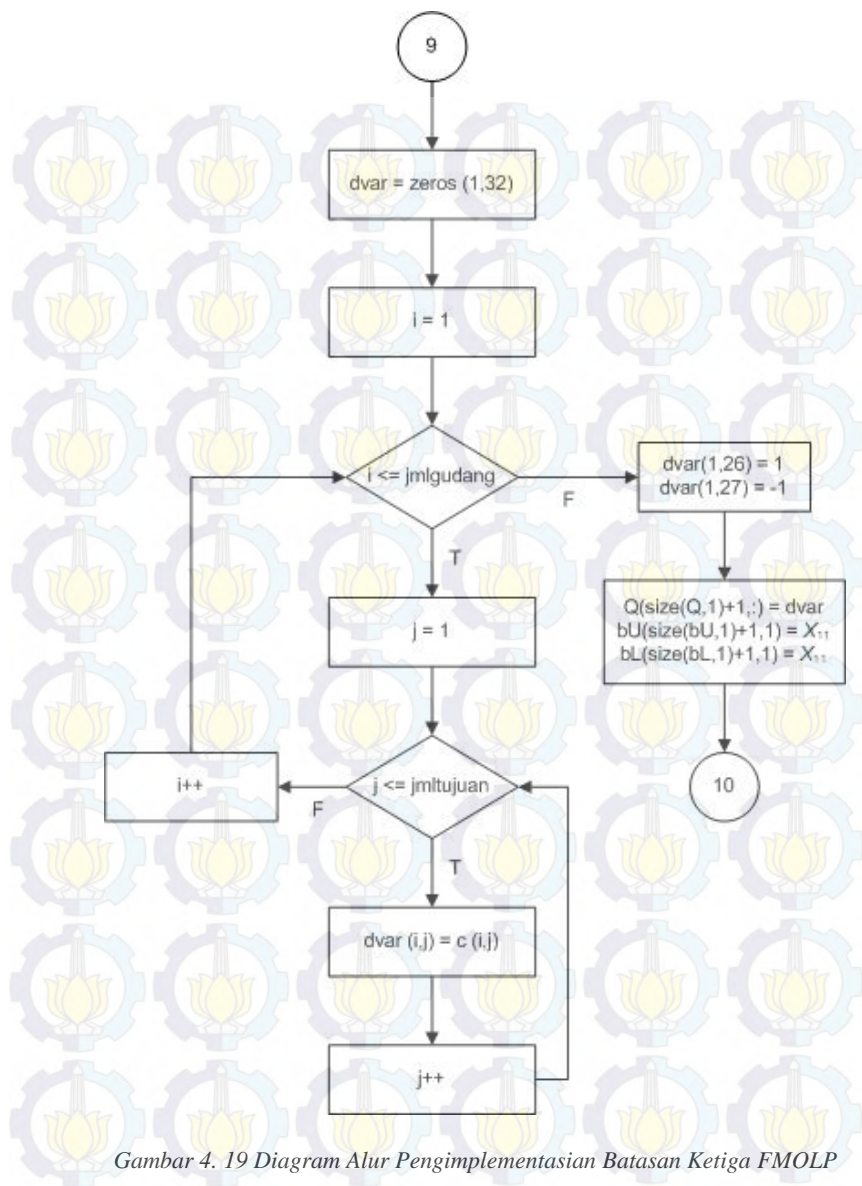
Pada pengimplementasian batasan ini, koefisien Q adalah variabel biaya (c). Koefisien d_{11}^- adalah 1 dan d_{11}^+ adalah -1. Batas atas (bU) dan batas bawah (bL) batasan ini adalah nilai fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi pada derajat keanggotaan pertama (X_{11}). Proses pengimplementasian batasan ketiga FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.19.

4. Pengimplementasian Batasan Variabel Deviation Non Negatif Derajat Keanggotaan ke-2 pada Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi

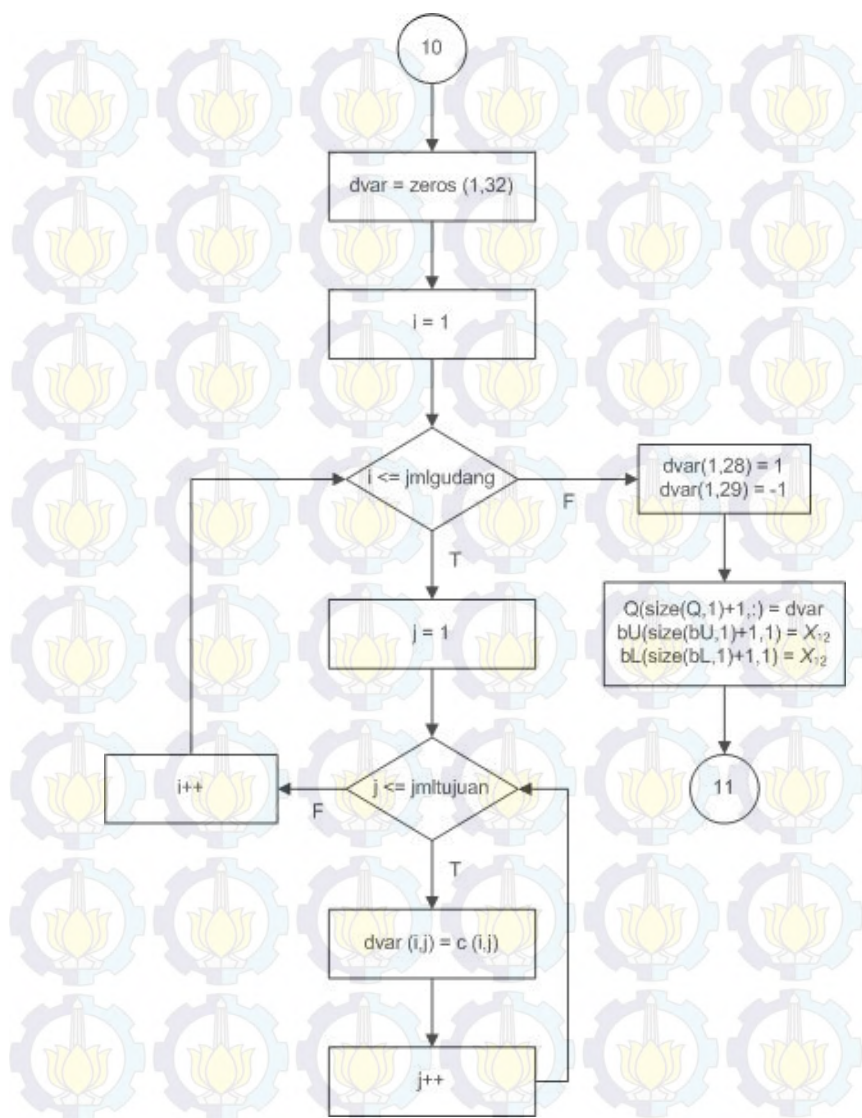
Pada pengimplementasian batasan ini, koefisien Q adalah variabel biaya (c). Koefisien d_{12}^- adalah 1 dan d_{12}^+ adalah -1. Batas atas (bU) dan batas bawah (bL) batasan ini adalah nilai fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi pada derajat keanggotaan kedua (X_{12}). Proses pengimplementasian batasan keempat FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 18 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Kedua FMOLP



Gambar 4. 19 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Ketiga FMOLP



Gambar 4. 20 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Keempat FMOLP

5. Pengimplementasian Batasan Variabel Deviational Non Negatif Derajat Keanggotaan ke-1 pada Fungsi Tujuan Meminimalkan Waktu Distribusi

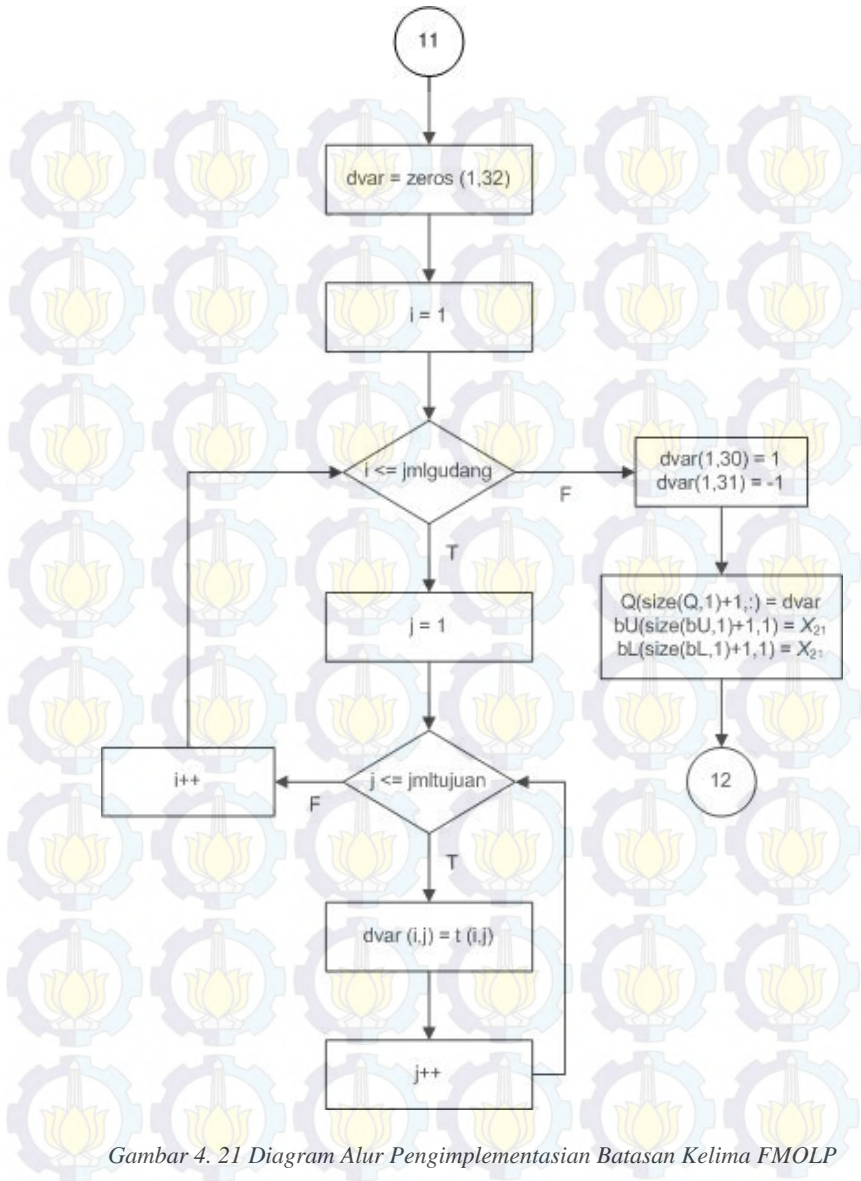
Pada pengimplementasian batasan ini, koefisien Q adalah variabel waktu (t). Koefisien d_{21}^- adalah 1 dan d_{21}^+ adalah -1. Batas atas (bU) dan batas bawah (bL) batasan ini adalah nilai fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi pada derajat keanggotaan pertama (X_{21}). Proses pengimplementasian batasan kelima FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.21.

6. Pengimplementasian Batasan Persediaan

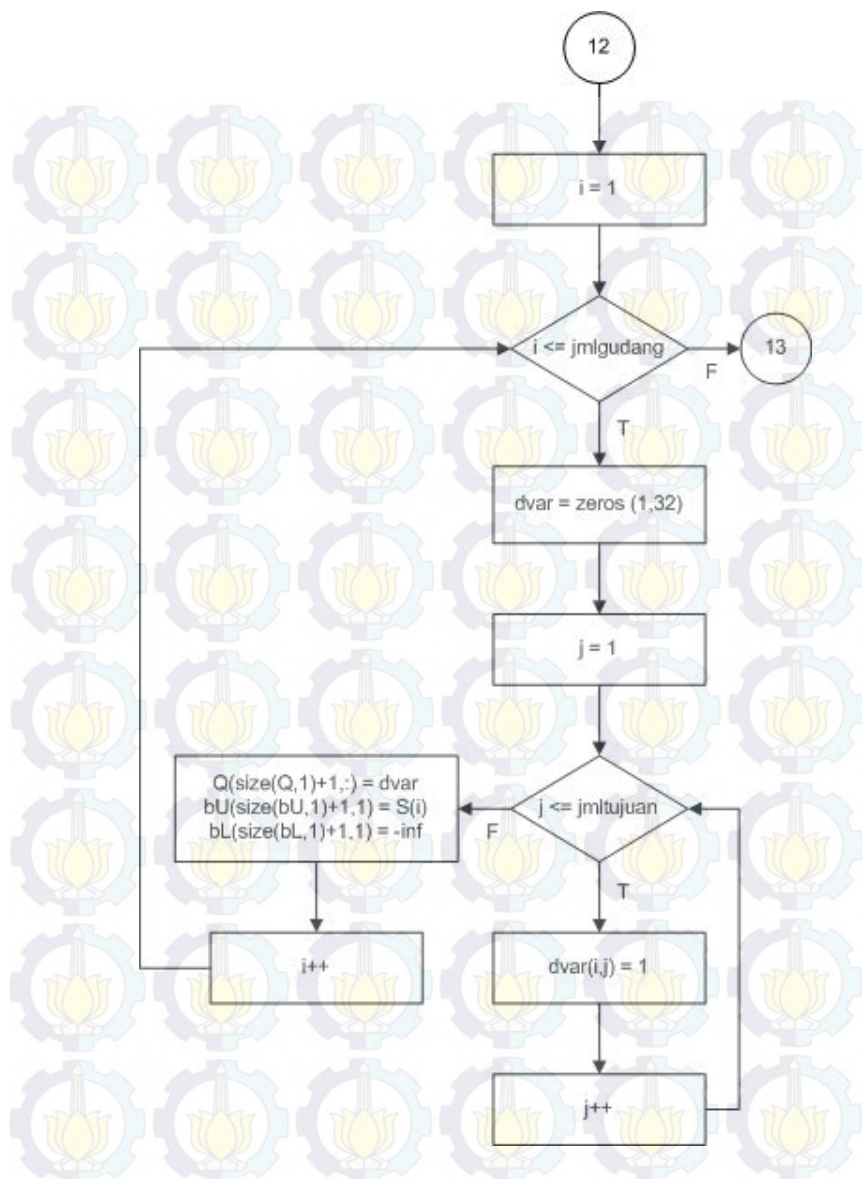
Pada pengimplementasian batasan persediaan, jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) harus kurang dari atau sama dengan jumlah persediaan produk di gudang Gresik (S). Oleh karena itu, koefisien Q adalah 1 dengan batas atas (bU) jumlah persediaan (S) dan batas bawah (bL) minus tak terhingga ($-\infty$). Proses pengimplementasian batasan keenam FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.22.

7. Pengimplementasian Batasan Permintaan

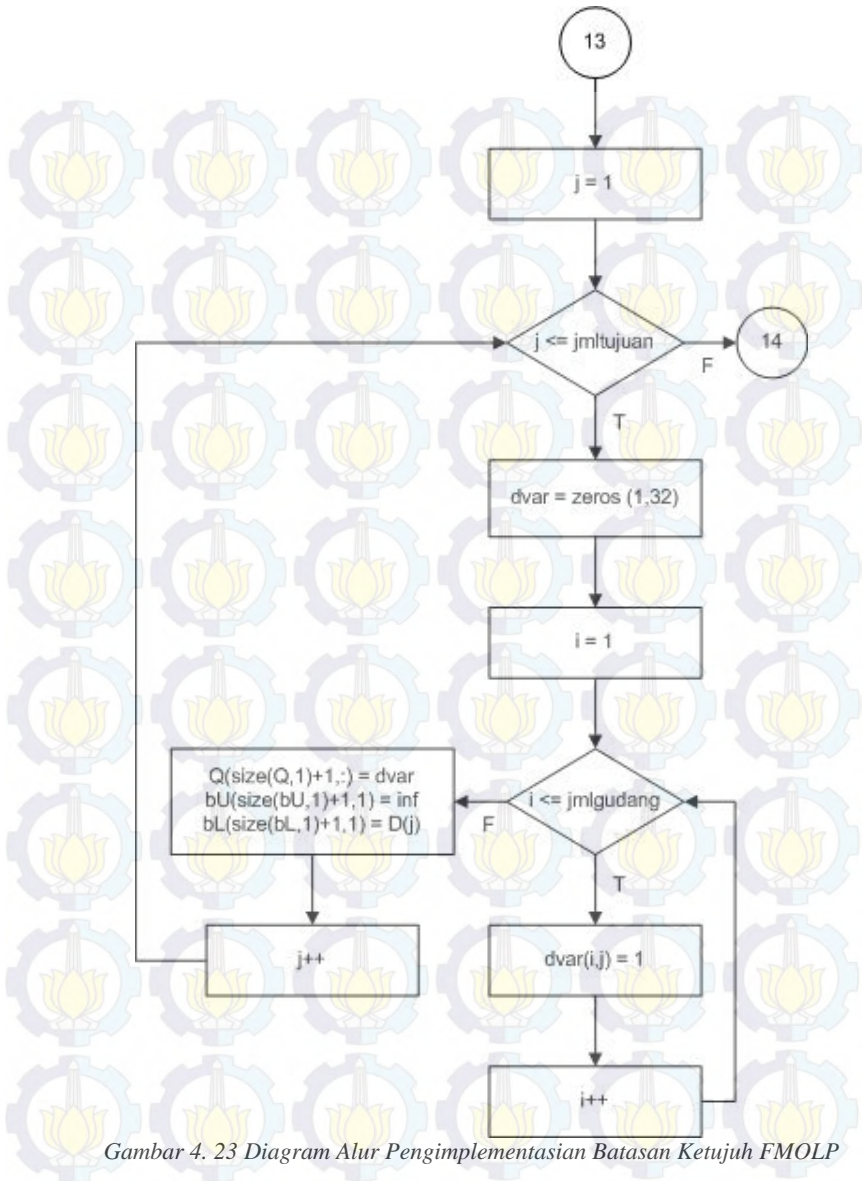
Pada pengimplementasian batasan permintaan, jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) harus lebih dari atau sama dengan jumlah permintaan produk pada masing-masing Kabupaten (D). Oleh karena itu, koefisien Q adalah 1 dengan batas atas (bU) tak terhingga ($+\infty$) dan batas bawah (bL) jumlah permintaan (D). Proses pengimplementasian batasan ketujuh FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 21 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Kelima FMOLP



Gambar 4. 22 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Keenam FMOLP



Gambar 4. 23 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Ketujuh FMOLP

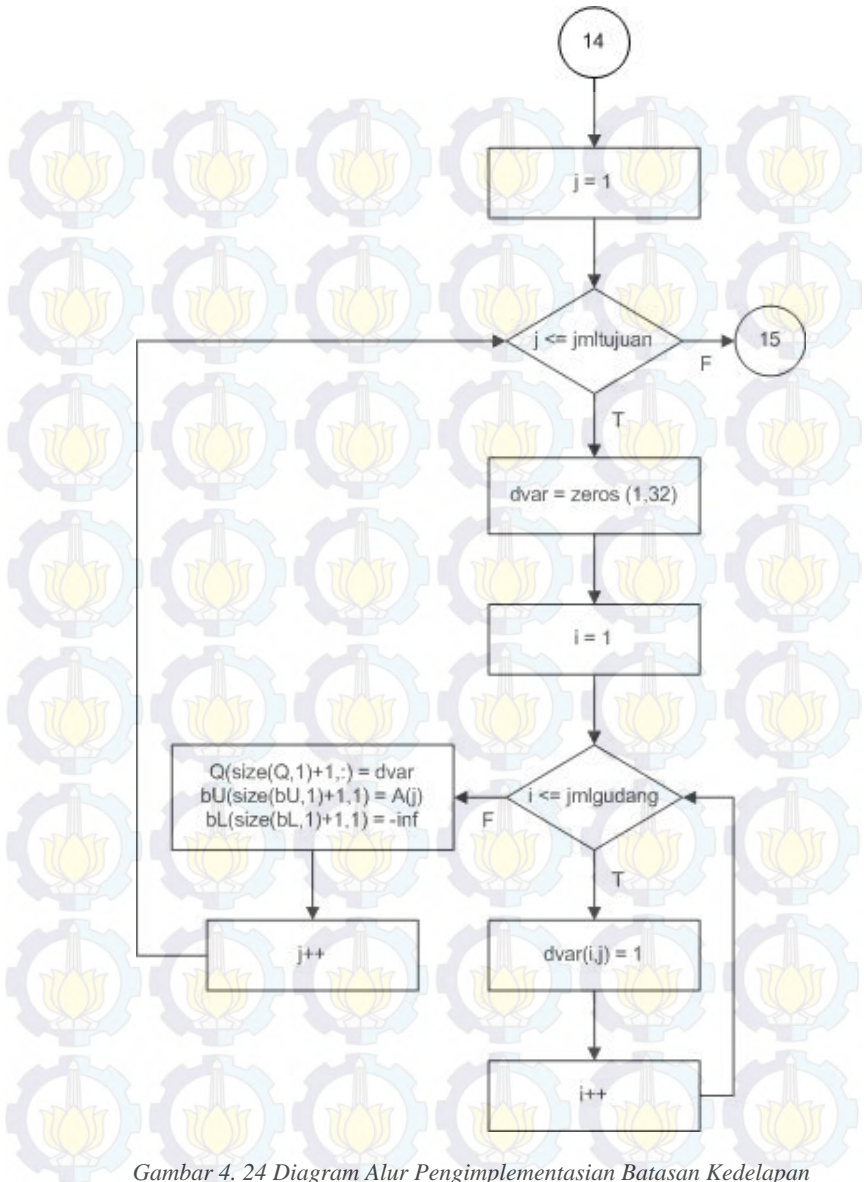
8. Pengimplementasian Batasan Alokasi

Pada pengimplementasian batasan alokasi, jumlah produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Q) harus kurang dari atau sama dengan jumlah alokasi produk untuk masing-masing Kabupaten (A). Oleh karena itu, koefisien Q adalah 1 dengan batas atas (bU) jumlah alokasi (A) dan batas bawah (bL) minus tak terhingga (inf). Proses pengimplementasian batasan kedelapan FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.24.

4.4.3 Pengimplementasian Penyelesaian FMOLP

Untuk melakukan proses pengimplementasian penyelesaian FMOLP, dilakukan inisialisasi batas bawah dan batas atas hasil yang menjadi keluaran. Batas bawah (x_L) bernilai 0 sedangkan batas atas (x_U) untuk variabel Q dan d adalah tak terhingga (inf). Batas atas untuk variabel L bernilai 1 karena L berada pada interval 0 sampai 1. Proses pengimplementasian batasan atas dan batasan bawah FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.25.

Pada implementasi penyelesaian model FMOLP, digunakan *toolbox* Tomlab dengan fungsi `mipAssign`. x berfungsi untuk menyimpan hasil variabel keputusan. Sedangkan `fval` berfungsi untuk menyimpan nilai L untuk solusi fungsi tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan. Proses penyelesaian model FMOLP ditunjukkan pada diagram alur seperti pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 24 Diagram Alur Pengimplementasian Batasan Kedelapan FMOLP

Gambar 4. 26 Diagram Alur Penyelesaian Model FMOLP

BAB V

IMPLEMENTASI

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai implementasi model yang disusun sesuai dengan langkah-langkah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

5.1 Penghitungan *Single Objective Linear Programming*

Berdasarkan algoritma yang telah disusun, maka model *Single Objective Linear Programming* dapat diimplementasikan ke dalam *software* Matlab. Penjelasan implementasi model *Single Objective Linear Programming* adalah sebagai berikut.

5.1.1 Penginputan Data

Pada tahap penginputan data, dilakukan inisialisasi gudang utama dan gudang penyangga di wilayah Jawa Timur milik PT. Petrokimia Gresik serta penginputan data masukan. Kode program untuk menginisialisasi dan memasukkan data ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.1.

Kode program baris 2 sampai dengan 5 berfungsi untuk menginisialisasi gudang, tujuan, jumlah gudang, dan jumlah tujuan. Sedangkan, kode program baris 7 sampai dengan 13 berfungsi untuk mengambil data masukan dari *file* Microsoft Excel dengan menggunakan fungsi *xlsread*. Data masukan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data biaya distribusi (biaya), waktu distribusi (waktu), persediaan (S), permintaan (D), faktor yang mempengaruhi permintaan (faktor_d), alokasi (A), dan faktor yang mempengaruhi alokasi (faktor_a).

```

1. %inisialisasi sumber dan tujuan%
2. gudang = ['Gresik'];
3. tujuan = ['Pacitan', 'Ponorogo',
    'Trenggalek', 'Tulungagung', 'Blitar',
    'Kediri', 'Malang', 'Lumajang', 'Jember',
    'Banyuwangi', 'Bondowoso', 'Situbondo',
    'Probolinggo', 'Pasuruan', 'Sidoarjo',
    'Mojokerto', 'Jombang', 'Nganjuk',
    'Madiun', 'Magetan', 'Ngawi',
    'Bojonegoro', 'Tuban', 'Lamongan',
    'Gresik'];
4. jmlgudang = 1;
5. jmltujuan = 25;
6. %mengambil data masukan dari file excel%
7. biaya = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Biaya', 'B2:B26');
8. waktu = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Waktu', 'B2:B26');
9. S = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Persediaan', 'B2');
10. D = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Permintaan', 'N4:N28');
11. faktor_d = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Permintaan', 'AA30:AA32'
    );
12. A = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Alokasi', 'N4:N28');
13. faktor_a = xlsread('C:\Users\Aswita
    Widiastomo\Documents\Tugas
    Akhir\data.xlsx', 'Alokasi', 'AA30:AA32');

```

Segmen Kode Program 5.1 Penginputan Data

5.1.2 Pengubahan Nilai Permintaan dan Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

Tahap selanjutnya adalah proses pengubahan nilai permintaan dan alokasi menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3.3, nilai pesimis dan nilai optimis didapatkan dengan melakukan perkalian dengan faktor yang mempengaruhi, yaitu faktor yang mempengaruhi penurunan untuk nilai pesimis dan faktor yang mempengaruhi peningkatan untuk nilai optimis. Kemudian, nilai pesimis didapatkan dari hasil pengurangan antara data historis dengan hasil perkalian faktor yang mempengaruhi penurunan. Sedangkan untuk nilai optimis didapatkan dari hasil penjumlahan antara data historis dengan hasil perkalian faktor yang mempengaruhi peningkatan. Sementara, nilai yang paling sering keluar merupakan nilai asli yang terdapat pada data historis. Kode program untuk mengubah permintaan menjadi nilai pesimis, nilai yang paling sering keluar, dan nilai optimis ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.2.

Kode program baris 15 sampai dengan 20 berfungsi untuk mengalikan nilai permintaan dengan faktor yang mempengaruhi permintaan. Sedangkan, kode program baris 22 sampai dengan 30 berfungsi untuk mengubah nilai permintaan menjadi 3 nilai, yaitu nilai pesimis, nilai yang paling sering keluar, dan nilai optimis, dengan melakukan operasi antara nilai permintaan dengan hasil dari perkalian dengan faktor yang mempengaruhi permintaan.

```

14. %mengalikan permintaan dengan faktor yang
    mempengaruhi permintaan%
15. D_faktor = zeros (1, 25);
16. for i = 1:length(D_faktor)
17. for j = 1:length(faktor_d)
18. D_faktor(i,j) = D(i).*faktor_d(j);
19. end
20. end
21. %mengubah permintaan menjadi nilai
    pesimis, paling sering keluar, optimis%
22. D_fuzzy = zeros (25,3);
23. for i = 1:length(D_faktor)
24. for j = 1:3
25. if j == 1
26. D_fuzzy(i,j) = D(i) - D_faktor(i,j);
27. elseif j == 2
28. D_fuzzy(i,j) = D(i);
29. else j == 3
30. D_fuzzy(i,j) = D(i) + D_faktor(i,j);
31. end
32. end
33. end

```

Segmen Kode Program 5. 2 Perubahan Nilai Permintaan menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

Untuk mengubah nilai alokasi menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis, proses yang dilakukan adalah sama dengan yang telah dilakukan pada nilai permintaan. Kode program untuk mengubah alokasi menjadi nilai pesimis, nilai yang paling sering keluar, dan nilai optimis ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.3.

Kode program baris 36 sampai dengan 41 berfungsi untuk mengalikan nilai alokasi dengan faktor yang mempengaruhi alokasi. Sedangkan, kode program baris 43 sampai dengan 51 berfungsi untuk mengubah nilai alokasi menjadi 3 nilai, yaitu nilai pesimis, nilai yang paling sering keluar, dan nilai optimis, dengan melakukan operasi antara nilai alokasi dengan hasil dari perkalian dengan faktor yang mempengaruhi alokasi.


```

34. %mengalikan alokasi dengan faktor yang
    mempengaruhi alokasi%
35. A_faktor = zeros (1, 25);
36. for i = 1:length(A_faktor)
37. for j = 1:length(faktor_a)
38. A_faktor(i,j) = A(i).*faktor_a(j);
39. end
40. end
41. %mengubah alokasi menjadi nilai pesimis,
    paling sering keluar, optimis%
42. A_fuzzy = zeros (25,3);
43. for i = 1:length(A_faktor)
44. for j = 1:3
45. if j == 1
46. A_fuzzy(i,j) = A(i) - A_faktor(i,j);
47. elseif j == 2
48. A_fuzzy(i,j) = A(i);
49. else j == 3
50. A_fuzzy(i,j) = A(i) + A_faktor(i,j);
51. end
52. end
53. end

```

Segmen Kode Program 5. 3 Pengubahan Nilai Alokasi menjadi Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis

5.1.3 Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot Fuzzy

Tahap selanjutnya adalah proses perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot fuzzy. Pada kode program baris 56 sampai 59, dilakukan inisialisasi nilai bobot fuzzy unruk nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis. Sedangkan, kode program baris 61 dan 63 masing-masing berfungsi untuk mengalikan matriks D_fuzzy dan A_fuzzy dengan matriks bobot. Kode program untuk perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot fuzzy ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.4.

```

54. %inisialisasi nilai bobot fuzzy%
55. b1 = 0.1667;
56. b2 = 0.6667;
57. b3 = 0.1667;
58. bobot = [b1;b2;b3];
59. %mengalikan permintaan dengan bobot
    fuzzy%
60. D = D_fuzzy*bobot;
61. %mengalikan alokasi dengan bobot fuzzy%
62. A = A_fuzzy*bobot;

```

Segmen Kode Program 5. 4 Perkalian Nilai Pesimis, Paling Sering Keluar, dan Optimis dengan Nilai Bobot Fuzzy

5.1.4 Pengimplementasian Model *Single Objective Linear Programming*

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai implementasi fungsi tujuan dan batasan *Single Objective Linear Programming* yang telah dirumuskan pada sub bab 4.3.1.

5.1.4.1 Pengimplementasian Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan tugas akhir ini adalah meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi. Setiap fungsi tujuan tersebut memiliki penyelesaian masing-masing. Namun, data masukan dan batasan yang digunakan pada penyelesaian masing-masing fungsi tujuan adalah sama. Penjelasan pengimplementasian masing-masing fungsi tujuan adalah sebagai berikut.

1. Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi

Untuk fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi, koefisien yang digunakan adalah variabel biaya (c). Kode program untuk pengimplementasian fungsi

tujuan meminimalkan biaya distribusi ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.5.

```

63. %fungsi tujuan meminimalkan biaya
    distribusi%
64. c = biaya'
65. dvar = zeros(1,25);
66. for i = 1:jmlgudang
67. for j = 1:jmltujuan
68. dvar(i,j) = c(i,j)
69. end
70. end
71. fo = dvar;

```

*Segmen Kode Program 5. 5 Pengimplementasian Fungsi Tujuan
Meminimalkan Biaya Distribusi*

2. Pengimplementasian Fungsi Tujuan Meminimalkan Waktu Distribusi

Untuk fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi, koefisien yang digunakan adalah variabel waktu (t). Kode program untuk pengimplementasian fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.6.

```

63. %fungsi tujuan meminimalkan waktu
    distribusi%
64. t = waktu'
65. dvar = zeros(1,25);
66. for i = 1:jmlgudang
67. for j = 1:jmltujuan
68. dvar(i,j) = t(i,j)
69. end
70. end
71. fo = dvar;

```

*Segmen Kode Program 5. 6 Pengimplementasian Fungsi Tujuan
Meminimalkan Waktu Distribusi*

5.1.4.2 Pengimplementasian Batasan

Batasan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah batasan persediaan, batasan permintaan masing-masing Kabupaten, dan batasan alokasi masing-masing Kabupaten. Pada kode program baris 74 dibuat *array* Q yang berfungsi untuk menyimpan hasil sementara dari variabel keputusan. Sedangkan pada kode program baris 75 dan 76 dibuat *array* bU dan bL yang masing-masing berfungsi untuk menyimpan batas atas dan batas bawah batasan. Berikut merupakan Segmen Kode Program 5.7 untuk membuat *array*.

```
72. %membuat array untuk variabel keputusan,
    batas atas, dan batas bawah%
73. dvar = zeros(1,25);
74. Q = zeros(0,25);
75. bU = zeros(0,1);
76. bL = zeros(0,1);
```

Segmen Kode Program 5. 7 Pengimplementasian Batasan

Penjelasan implementasi masing-masing batasan adalah sebagai berikut.

1. Pengimplementasian Batasan Persediaan

Pada Segmen Kode Program 5.8 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan persediaan. Batasan ini diperuntukkan agar jumlah produk yang didistribusikan ke gudang penyangga tujuan tidak melebihi jumlah persediaan yang terdapat pada gudang Gresik.


```

77. %memasukkan batasan permintaan%
78. for i = 1:jmlgudang
79. dvar = zeros(1,25);
80. for j = 1:jmltujuan
81. dvar(i,j) = 1; %koefisien pada variabel
    keputusan%
82. end
83. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
84. bU(size(bU,1)+1,1) = S(i); %batas atas%
85. bL(size(bL,1)+1,1) = -inf; %batas bawah%
86. end

```

Segmen Kode Program 5. 8 Pengimplementasian Batasan Persediaan

2. Pengimplementasian Batasan Permintaan

Pada Segmen Kode Program 5.9 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan permintaan. Batasan ini diperuntukkan agar permintaan distributor dapat terpenuhi. Berikut merupakan Segmen Kode Program 5.9 untuk pengimplementasian batasan permintaan.

```

87. %memasukkan batasan permintaan%
88. for j = 1:jmltujuan
89. dvar = zeros(1,25);
90. for i = 1:jmlgudang
91. dvar(i,j) = 1; %koefisien pada variabel
    keputusan%
92. end
93. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
94. bU(size(bU,1)+1,1) = inf; %batas atas%
95. bL(size(bL,1)+1,1) = D(j); %batas bawah%
96. end

```

Segmen Kode Program 5. 9 Pengimplementasian Batasan Permintaan

3. Pengimplementasian Batasan Alokasi

Pada Segmen Kode Program 5.10 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan alokasi. Batasan ini diperuntukkan agar jumlah produk yang didistribusikan ke gudang penyangga tujuan tidak melebihi jumlah alokasi yang telah ditetapkan. Berikut merupakan Segmen Kode Program 5.10 untuk pengimplementasian batasan alokasi.

```

97. %memasukkan batasan alokasi%
98. for j = 1:jmltujuan
99. dvar = zeros(1,25);
100. for i = 1:jmlgudang
101. dvar(i,j) = 1; %koefisien pada variabel
    keputusan%
102. end
103. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
104. bU(size(bU,1)+1,1) = A(j); %batas atas%
105. bL(size(bL,1)+1,1) = -inf; %batas
    bawah%
106. end
  
```

Segmen Kode Program 5. 10 Pengimplementasian Batasan Alokasi

4. Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah

Pada Segmen Kode Program 5.11 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan atas dan batasan bawah hasil yang menjadi keluaran. Batasan bawah (x_L) adalah 0, sedangkan batasan atas (x_U) adalah tak terhingga.

```

107. %memasukkan batasan atas dan batasan
    bawah hasil%
108. x_L = zeros(25,1);
109. x_U = inf(25,1);

```

Segmen Kode Program 5. 11 Pengimplementasian Batasan Atas dan Batasan Bawah

5.1.5 Penyelesaian Model *Single Objective Linear Programming*

Pada penyelesaian model *Single Objective Linear Programming*, digunakan *toolbox* Tomlab dengan fungsi `mipAssign`. `x` dan `fval` masing-masing berfungsi untuk menyimpan hasil variabel keputusan dan hasil fungsi tujuan. Kode program untuk penyelesaian model *Single Objective Linear Programming* ditunjukkan pada Segmen Kode Program 5.12.

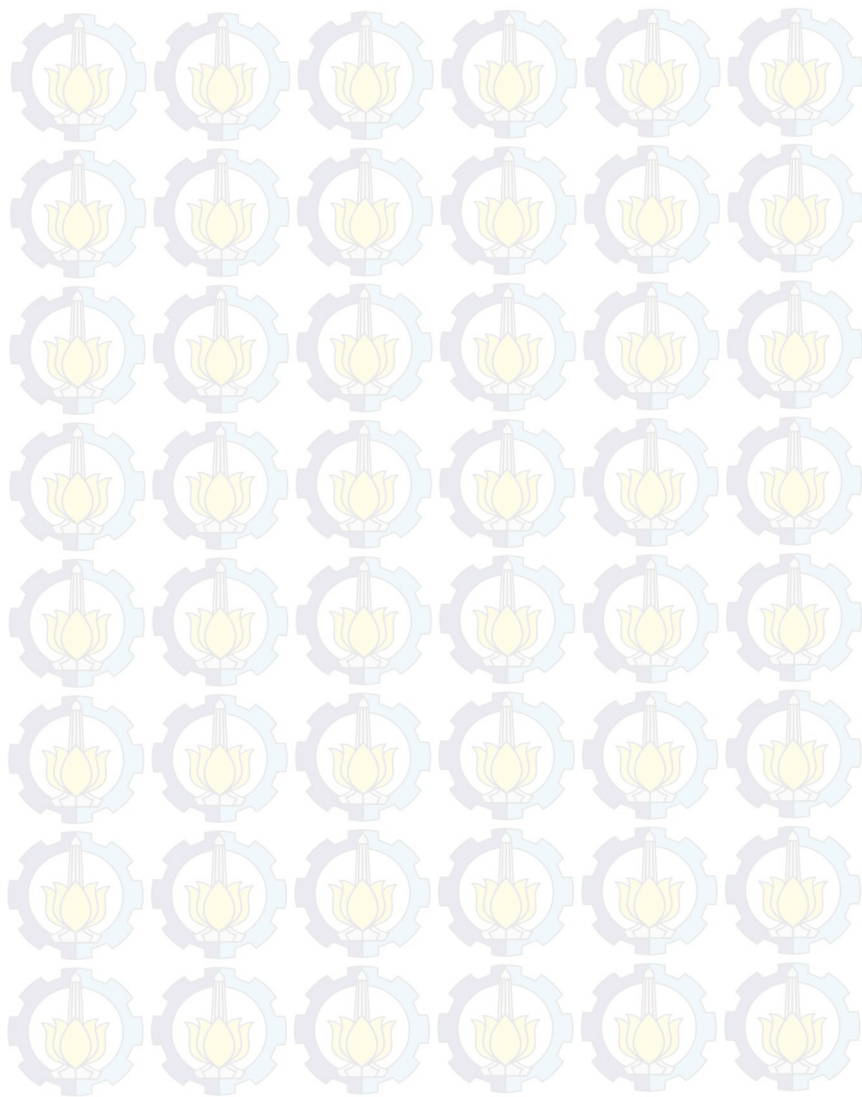
```

110. %eksekusi model%
111. IntVars = false(25,1);
112. Prob = mipAssign(fo, Q, bL, bU, x_L,
    x_U, [], [], [], ...
113.     [], IntVars, [], 1, [], [], ...
114.     [], [], [], [], [], []);
115. Result = mipSolve(Prob)
116. x = Result.x_k;
117. fval = Result.f_k;

```

Segmen Kode Program 5. 12 Penyelesaian Model Single Objective Linear Programming

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan dijelaskan mengenai hasil yang didapatkan dari penelitian ini dan pembahasan terhadap hasil tersebut secara keseluruhan.

6.1 Penghitungan *Single Objective Linear Programming*

Hasil dari penghitungan *Single Objective Linear Programming* akan menjadi masukan bagi penghitungan dengan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP). Hasil penghitungan optimasi berupa solusi biaya dan waktu distribusi optimasi untuk masing-masing bulan berdasarkan implementasi model *Single Objective Linear Programming* yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6. 1 Hasil Penghitungan *Single Objective Linear Programming*

Bulan	Biaya	Waktu
Januari	167.934.716	197.872,3518
Februari	100.718.968	120.364,3501
Maret	95.253.710	110.509,8679
April	92.015.829	108.387,3374
Mei	100.568.491	118.142,1448
Juni	83.864.052	100.561,3305
Juli	88.068.052	103.423,7927
Agustus	106.595.899	126.612,6115
September	96.133.421	115.898,757
Oktober	101.791.006	120.413,8926

6.2 Penentuan Derajat Keanggotaan

Penentuan derajat keanggotaan didasarkan pada solusi biaya optimal dan waktu optimal yang dihasilkan pada

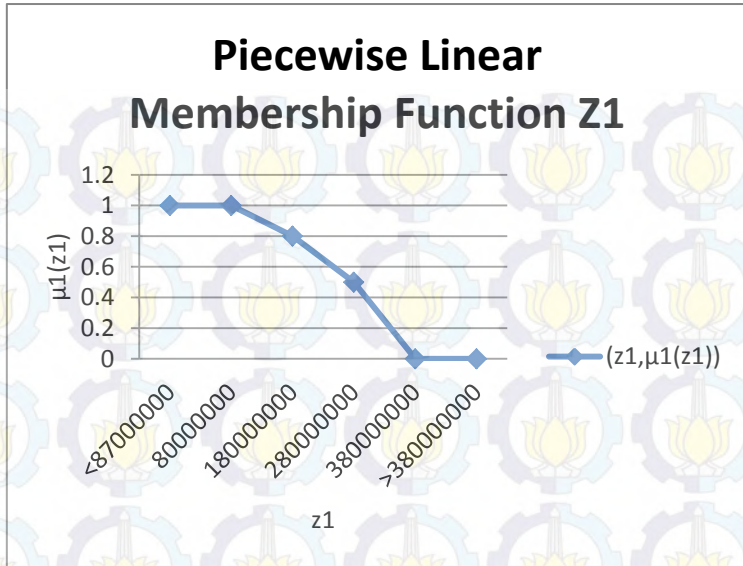
penghitungan *Single Objective Linear Programming*. Hasil penghitungan *Single Objective Linear Programming* tersebut dibuat menjadi interval antara 0 sampai 1, dimana interval tersebut harus mencakup hasil dari masing-masing fungsi tujuan. Nilai fungsi tujuan yang paling mendekati atau sama dengan nilai yang sebenarnya akan memiliki derajat keanggotaan sebesar 1. Sementara, apabila nilai fungsi tujuan semakin jauh dengan nilai yang sebenarnya maka derajat keanggotaannya akan mendekati atau sama dengan 0. Derajat keanggotaan untuk masing-masing fungsi tujuan ditunjukkan pada tabel 6.2.

Tabel 6. 2 Derajat Keanggotaan

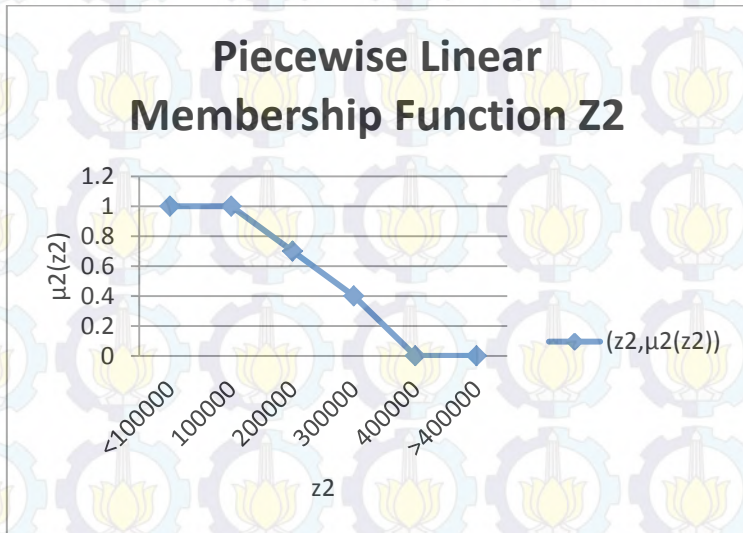
z_1	>380000000	380000000	280000000	180000000	80000000	<80000000
$\mu_1 z_1$	0	0	0.5	0.8	1	1
z_2	>400000	400000	300000	200000	100000	<100000
$\mu_2 z_2$	0	0	0.4	0.7	1	1

6.3 Penggambaran Fungsi Keanggotaan *Piecewise Linear*

Penggambaran fungsi keanggotaan *piecewise linear* didasarkan pada hasil penentuan derajat fungsi tujuan yang telah dijelaskan pada sub bab 6.2. Titik-titik yang merupakan derajat keanggotaan digambarkan dan dihubungkan sehingga membentuk kurva. Hasil penggambaran kurva fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi ditunjukkan pada Gambar 6.1, sedangkan kurva fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi ditunjukkan pada Gambar 6.2.



Gambar 6. 1 Piecewise Linear Membership Function Z1



Gambar 6. 2 Piecewise Linear Membership Function Z2

6.4 Perumusan Persamaan Linear Fungsi Keanggotaan *Piecewise Linear*

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* yang dirumuskan berdasarkan persamaan 3.1.

6.4.1 Penghitungan Nilai *Slope* (t_{ge})

Pada penghitungan nilai *slope*, index g merupakan index untuk fungsi tujuan dan index e merupakan index untuk derajat keanggotaan. Parameter q_{ge} menunjukkan nilai derajat keanggotaan e pada fungsi tujuan g . Sedangkan parameter X_{ge} menunjukkan nilai fungsi tujuan g pada derajat keanggotaan e . Berikut merupakan hasil penghitungan nilai *slope* untuk masing-masing derajat keanggotaan pada setiap fungsi tujuan berdasarkan hasil penentuan derajat fungsi tujuan yang telah dijelaskan pada sub bab 6.2.

1. Penghitungan Nilai t_{11}

Hasil penghitungan nilai *slope* untuk derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$t_{11} = \left(\frac{q_{11} - 0}{X_{11} - X_{10}} \right) \quad (6.1)$$

$$t_{11} = \left(\frac{0.5 - 0}{2800000000 - 3800000000} \right)$$

$$t_{11} = -0.000000005$$

2. Penghitungan Nilai t_{12}

Hasil penghitungan nilai *slope* untuk derajat keanggotaan ke-2 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$t_{12} = \left(\frac{q_{12} - q_{11}}{X_{12} - X_{11}} \right) \quad (6.2)$$

$$t_{12} = \left(\frac{0.8 - 0.5}{1800000000 - 2800000000} \right)$$

$$t_{12} = -0.0000000003$$

3. Penghitungan Nilai t_{13}

Hasil penghitungan nilai *slope* untuk derajat keanggotaan ke-3 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$t_{13} = \left(\frac{1 - q_{12}}{X_{13} - X_{12}} \right) \quad (6.3)$$

$$t_{13} = \left(\frac{1 - 0.8}{800000000 - 1800000000} \right)$$

$$t_{13} = -0.0000000002$$

4. Penghitungan Nilai t_{21}

Hasil penghitungan nilai *slope* untuk derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$t_{21} = \left(\frac{q_{21} - 0}{X_{21} - X_{20}} \right) \quad (6.4)$$

$$t_{21} = \left(\frac{0.4 - 0}{300000 - 400000} \right)$$

$$t_{21} = -0.0000004$$

5. Penghitungan Nilai t_{22}

Hasil penghitungan nilai *slope* untuk derajat keanggotaan ke-2 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$t_{22} = \left(\frac{q_{22} - q_{21}}{X_{22} - X_{21}} \right) \quad (6.5)$$

$$t_{22} = \left(\frac{0.7 - 0.4}{200000 - 300000} \right)$$

$$t_{22} = -0.000003$$

6. Penghitungan Nilai t_{23}

Hasil penghitungan nilai *slope* untuk derajat keanggotaan ke-3 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$t_{23} = \left(\frac{1 - q_{22}}{X_{23} - X_{22}} \right) \quad (6.6)$$

$$t_{23} = \left(\frac{1 - 0.7}{100000 - 200000} \right)$$

$$t_{23} = -0.000003$$

6.4.2 Penghitungan Nilai Alfa, Beta, dan Gamma

Pada penghitungan nilai alfa, beta, dan gamma, nilai alfa dan beta didapatkan dari hasil penghitungan nilai *slope*, sementara nilai gamma didapatkan dari hasil penghitungan *y-intercept* pada persamaan garis.

4.4.2.1 Penghitungan Nilai Alfa, Beta, dan Gamma z_1

Berikut merupakan hasil penghitungan nilai alfa, beta, dan gamma untuk fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi.

1. Penghitungan Nilai α_{11}

Hasil penghitungan nilai alfa untuk derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$\alpha_{11} = -\frac{t_{12} - t_{11}}{2} \quad (6.7)$$

$$\alpha_{11} = -\frac{-0.000000003 - (-0.000000005)}{2}$$

$$\alpha_{11} = -0.000000001$$

2. Penghitungan Nilai α_{12}

Hasil penghitungan nilai alfa untuk derajat keanggotaan ke-2 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$\alpha_{12} = -\frac{t_{13} - t_{12}}{2} \quad (6.8)$$

$$\alpha_{12} = -\frac{-0.000000002 - (-0.000000003)}{2}$$

$$\alpha_{12} = -0.0000000005$$

3. Penghitungan Nilai β_1

Hasil penghitungan nilai beta untuk fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

$$\beta_1 = \frac{t_{13} + t_{11}}{2} \quad (6.9)$$

$$\beta_1 = \frac{-0.000000002 + (-0.000000005)}{2}$$

$$\beta_1 = -0.0000000035$$

4. Penghitungan Nilai γ_1

Hasil penghitungan nilai gamma untuk fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi adalah sebagai berikut.

Persamaan garis antara (180000000,0.8) dan (80000000,1)

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (6.10)$$

$$\frac{x - 180000000}{80000000 - 180000000} = \frac{y - 0.8}{1 - 0.8}$$

$$y = -0.000000002x + 1.16$$

Jika $x = 0$, maka *y-intercept* adalah 1.16.

Persamaan garis antara (380000000,0) dan (280000000,0.5)

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (6.11)$$

$$\frac{x - 380000000}{280000000 - 380000000} = \frac{y - 0}{0.5 - 0}$$

$$y = -0.000000005x + 1.9$$

Jika $x = 0$, maka *y-intercept* adalah 1.9.

***y-intercept* untuk z_1**

$$\gamma_1 = \frac{S_{13} + S_{11}}{2} \quad (6.12)$$

$$\gamma_1 = \frac{1.16 + 1.9}{2}$$

$$\gamma_1 = 1.53$$

Berdasarkan penghitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil $\alpha_{11} = -0.000000001$, $\alpha_{12} = -0.0000000005$, $\beta_1 = -0.0000000035$, dan $\gamma_1 = 1.53$. Keempat nilai tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* umum sehingga menghasilkan persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk menyelesaikan fungsi tujuan z_1 dalam permasalahan distribusi PT. Petrokimia Gresik yaitu sebagai berikut.

$$f_1(z_1) = -0.000000001 | z_1 - 280000000 | - 0.0000000005 | z_1 - 180000000 | - 0.0000000035z_1 + 1.53 \quad (6.13)$$

4.4.2.2 Penghitungan Nilai Alfa, Beta, dan Gamma z_2

Berikut merupakan hasil penghitungan nilai alfa, beta, dan gamma untuk fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi.

1. Penghitungan Nilai α_{21}

Hasil penghitungan nilai alfa untuk derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$\alpha_{21} = -\frac{t_{22} - t_{21}}{2} \quad (6.14)$$

$$\alpha_{21} = -\frac{-0.0000003 - (-0.0000004)}{2}$$

$$\alpha_{21} = -0.00000005$$

2. Penghitungan Nilai α_{22}

Hasil penghitungan nilai alfa untuk derajat keanggotaan ke-2 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$\alpha_{22} = -\frac{t_{23} - t_{22}}{2} \quad (6.15)$$

$$\alpha_{22} = -\frac{-0.000003 - (-0.000003)}{2}$$

$$\alpha_{22} = 0$$

3. Penghitungan Nilai β_2

Hasil penghitungan nilai beta untuk fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

$$\beta_2 = \frac{t_{23} + t_{21}}{2} \quad (6.16)$$

$$\beta_2 = \frac{-0.000003 + (-0.000004)}{2}$$

$$\beta_2 = -0.0000035$$

4. Penghitungan Nilai γ_2

Hasil penghitungan nilai gamma untuk fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi adalah sebagai berikut.

Persamaan garis antara (200000,0.7) dan (100000,1)

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (6.17)$$

$$\frac{x - 200000}{100000 - 200000} = \frac{y - 0.7}{1 - 0.7}$$

$$y = -0.000003x + 1.3$$

Jika $x = 0$, maka y -intercept adalah 1.3.

Persamaan garis antara (400000,0) dan (300000,0.4)

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (6.18)$$

$$\frac{x - 400000}{300000 - 400000} = \frac{y - 0}{0.4 - 0}$$

$$y = -0.000004x + 1.6$$

Jika $x = 0$, maka y -intercept adalah 1.6.

y -intercept untuk z_2

$$\gamma_2 = \frac{S_{23} + S_{21}}{2} \quad (6.19)$$

$$\gamma_2 = \frac{1.3 + 1.6}{2}$$

$$\gamma_2 = 1.45$$

Berdasarkan penghitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil $\alpha_{21} = -0.0000005$, $\alpha_{22} = 0$, $\beta_2 = -0.0000035$, dan $\gamma_2 = 1.45$. Keempat nilai tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* umum sehingga menghasilkan persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk menyelesaikan fungsi tujuan z_2 dalam permasalahan distribusi PT. Petrokimia Gresik yaitu sebagai berikut.

$$f_2(z_2) = -0.0000005 | z_2 - 300000 | -0.0000035z_2 + 1.45 \quad (6.20)$$

6.4.3 Penambahan Variabel Deviational Non Negatif

d_{ge}^- dan d_{ge}^+ menunjukkan variabel deviational non negatif dalam arah positif dan negatif. Hasil penambahan variabel deviational non negatif pada persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk fungsi tujuan z_1 ditunjukkan pada persamaan 6.21.

$$\begin{aligned} f_1(z_1) = & -0.000000001(d_{11}^- - d_{11}^+) \\ & -0.0000000005(d_{12}^- - d_{12}^+) \\ & -0.0000000035 \left\{ \sum_{j=1}^n C_j Q_j \right\} + 1.53 \end{aligned} \quad (6.21)$$

Hasil penambahan variabel deviational non negatif pada persamaan linear fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk fungsi tujuan z_2 ditunjukkan pada persamaan 6.22.

$$\begin{aligned} f_2(z_2) = & -0.0000005(d_{21}^- - d_{22}^+) \\ & -0.0000035 \left\{ \sum_{j=1}^n t_j Q_j \right\} + 1.45 \end{aligned} \quad (6.22)$$

6.5 Penambahan Variabel Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai persamaan linear dengan penambahan variabel L yang merepresentasikan tingkat kepuasan pengambil keputusan. Hasil modifikasi model FMOLP dengan fungsi keanggotaan *piecewise linear* yang sesuai dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik (Persero) adalah sebagai berikut.

- Batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_1(Z_1)$.

$$\begin{aligned}
 L \leq & -0.000000001(d_{11}^- - d_{11}^+) \\
 & -0.0000000005(d_{12}^- - d_{12}^+) \\
 & -0.0000000035 \left\{ \sum_{j=1}^n C_j Q_j \right\} + 1.53 \quad (6.23)
 \end{aligned}$$

- Batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_2(Z_2)$.

$$\begin{aligned}
 L \leq & -0.0000005(d_{21}^- - d_{22}^+) \\
 & -0.0000035 \left\{ \sum_{j=1}^n t_j Q_j \right\} + 1.45 \quad (6.24)
 \end{aligned}$$

- Batasan variabel deviational non negatif derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi.

$$\sum_{j=1}^n C_j Q_j + d_{11}^- - d_{11}^+ = 2800000000 \quad (6.25)$$

- Batasan variabel deviational non negatif derajat keanggotaan ke-2 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi.

$$\sum_{j=1}^n C_j Q_j + d_{12}^- - d_{12}^+ = 1800000000 \quad (6.26)$$

- Batasan variabel deviational non negatif derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi.

$$\sum_{j=1}^n t_j Q_j + d_{21}^- - d_{22}^+ = 300000 \quad (6.27)$$

- Batasan bahwa jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan tidak boleh lebih dari jumlah persediaan produk yang tersedia oleh gudang.

$$\sum_{j=1}^n Q_j \leq S_i \quad \forall i \quad (6.28)$$

- Batasan bahwa jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan tidak boleh kurang dari jumlah permintaan pada masing-masing Kabupaten.

$$\sum_{j=1}^n Q_j \geq \tilde{D}_j \quad \forall j \quad (6.29)$$

- Batasan bahwa jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan tidak boleh lebih dari jumlah alokasi untuk masing-masing Kabupaten.

$$\sum_{j=1}^n Q_j \leq \tilde{A}_j \quad \forall j \quad (6.30)$$

- Batasan bahwa jumlah produk yang akan didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang

penyangga tujuan tidak boleh negatif atau kurang dari nol.

$$Q_j \geq 0 \quad \forall j \quad (6.31)$$

Keterangan:

- Index

i : Index untuk gudang

j : Index untuk gudang penyangga tujuan

g : Index untuk fungsi tujuan

e : Index untuk derajat keanggotaan

- Variabel keputusan

Q_j : Produk yang dikirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (ton)

- Fungsi tujuan

L : Tingkat kepuasan pengambil keputusan

- Parameter

z_1 : Total biaya distribusi (Rp)

z_2 : Total waktu distribusi (jam)

C_j : Biaya distribusi per ton produk yang didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (Rp/ton)

t_j : Waktu distribusi produk dari gudang Gresik ke gudang penyangga tujuan (jam/ton)

S_i : Total persediaan produk di gudang Gresik (ton)

\tilde{D}_j : Total permintaan produk pada masing-masing Kabupaten (ton)

\tilde{A}_j : Total alokasi produk untuk masing-masing Kabupaten (ton)

d_{ge}^- : Variabel deviational non negatif dalam arah negatif untuk derajat keanggotaan e pada fungsi tujuan g

d_{ge}^+ : Variabel deviational non negatif dalam arah positif untuk derajat keanggotaan e pada fungsi tujuan g

6.6 Penyelesaian Model FMOLP

Berdasarkan algoritma yang telah disusun, maka model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dapat diimplementasikan ke dalam *software* Matlab. Untuk pengimplementasian model FMOLP, data masukan yang digunakan adalah sama dengan data yang digunakan dalam pengimplementasian model *Single Objective Linear Programming* dan dilakukan pula proses penginputan data seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 5.1.1, proses pengubahan nilai permintaan dan alokasi menjadi nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis yang telah dijelaskan pada sub bab 5.1.2, serta proses perkalian nilai pesimis, paling sering keluar, dan optimis dengan nilai bobot fuzzy yang telah dijelaskan pada sub bab 5.1.3. Namun, pada implementasi model FMOLP terdapat penambahan variabel deviational non negatif. Kode program untuk penginisialisasian variabel deviational non negatif ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.1.

```
63. %inisialisasi variabel deviational non
    negatif%
64. x = 6;
65. y = 4;
66. z = 2;
```

Segmen Kode Program 6. 1 Penginisialisasian Variabel Deviational Non Negatif

Kode program baris 64 berfungsi untuk menginisialisasi jumlah variabel deviational non negatif secara keseluruhan, kode program baris 65 berfungsi untuk menginisialisasi jumlah variabel deviational non negatif pada batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_1(z_1)$, sedangkan kode program baris 66 berfungsi untuk menginisialisasi jumlah variabel deviational non negatif pada batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_2(z_2)$.

6.6.1 Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP

Metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) menggabungkan kedua fungsi tujuan pada penghitungan *Single Objective Linear Programming* menjadi fungsi tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan (L). Kode program untuk pengimplementasian fungsi tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan (L) ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.2.

```

67. %fungsi tujuan memaksimalkan L%
68. dvar = zeros(1,32);
69. for i = 1:jmlgudang
70. for j = 1:jmltujuan
71. dvar(i,j) = 0;
72. end
73. end
74. for i = 1:x
75. dvar(1,25+i) = 0;
76. end
77. dvar(1,32) = 1;
78. fo = dvar;

```

Segmen Kode Program 6. 2 Pengimplementasian Fungsi Tujuan FMOLP

Karena fungsi tujuan adalah memaksimalkan L, maka koefisien untuk variabel Q dan d adalah 0, sedangkan koefisien untuk variabel L adalah 1. Kode program baris 69 sampai dengan 73 berfungsi untuk memasukkan koefisien variabel Q, kode program baris 74 sampai dengan 76 berfungsi untuk memasukkan koefisien variabel d, sedangkan kode program baris 77 berfungsi untuk memasukkan koefisien variabel L.

6.6.2 Pengimplementasian Batasan FMOLP

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai implementasi batasan model FMOLP yang telah dirumuskan pada sub bab 6.5. Seperti pada pengimplementasian batasan *Single Objective Linear Programming*, terlebih dahulu dibuat array

kosong untuk menyimpan hasil sementara dari variabel keputusan serta batas atas dan batas bawah batasan. Kode program untuk membuat *array* kosong ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.3.

```
79. %membuat array untuk variabel keputusan,
    batas atas, dan batas bawah%
80. dvar = zeros(1,32);
81. Q = zeros(0,32);
82. bU = zeros(0,1);
83. bL = zeros(0,1);
```

Segmen Kode Program 6. 3 Pengimplementasian Batasan

Pada kode program baris 80 dibuat *array* Q yang berfungsi untuk menyimpan hasil sementara dari variabel keputusan. Sedangkan pada kode program baris 75 dan 76 dibuat *array* bU dan bL yang masing-masing berfungsi untuk menyimpan batas atas dan batas bawah batasan.

Penjelasan implementasi masing-masing batasan adalah sebagai berikut.

1. Pengimplementasian Batasan bahwa Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan kurang dari sama dengan $f_1(Z_1)$

Pada Segmen Kode Program 6.4 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan ini. Pada kode program baris 87 sampai dengan 91 berfungsi untuk memasukkan koefisien Q yang merupakan perkalian antara variabel biaya (c) dengan nilai beta pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi (β_1). Kode program baris 92 dan 93 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{11} yang merupakan nilai α_{11} . Kode program baris 94 dan 95 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{12} yang merupakan nilai α_{12} . Kode program baris 96 sampai dengan 98 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{21} sehingga bernilai 0. Kode program baris 99 berfungsi untuk memasukkan

koefisien L sehingga bernilai 1. Sedangkan kode program baris 101 dan 102 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) dari batasan ini dimana masing-masing bernilai tak terhingga (inf) dan nilai gamma pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi (γ_1). Berikut merupakan Segmen Kode Program 6.4 untuk pengimplementasian batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_1(Z_1)$.

```

84. %memasukkan batasan pertama FMOLP%
85. c = biaya'
86. dvar = zeros(1,32);
87. for i = 1:jmlgudang
88.     for j = 1:jmltujuan
89.         dvar(i,j) = c(i,j).*0.0000000035;
90.     end
91. end
92. dvar(1,26) = 0.000000001;
93. dvar(1,27) = -0.000000001;
94. dvar(1,28) = 0.0000000005;
95. dvar(1,29) = -0.0000000005;
96. for i = 1:z
97.     dvar(1,29+i) = 0;
98. end
99. dvar(1,32) = 1;
100. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
101. bU(size(bU,1)+1,1) = inf;
102. bL(size(bL,1)+1,1) = 1.53;

```

Segmen Kode Program 6. 4 Pengimplementasian Batasan Pertama FMOLP

2. Pengimplementasian Batasan bahwa Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan kurang dari sama dengan $f_2(Z_2)$

Pada Segmen Kode Program 6.5 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan ini. Pada kode program baris 106 sampai dengan 110 berfungsi untuk

memasukkan koefisien Q yang merupakan perkalian antara variabel waktu (t) dengan nilai beta pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi (β_2). Kode program baris 111 sampai dengan 113 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{11} dan d_{12} sehingga bernilai 0. Kode program baris 114 dan 115 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{21} yang merupakan nilai α_{21} . Kode program baris 116 berfungsi untuk memasukkan koefisien L sehingga bernilai 1. Sedangkan kode program baris 118 dan 119 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) dari batasan ini dimana masing-masing bernilai tak terhingga (\inf) dan nilai gamma pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi (γ_2). Berikut merupakan Segmen Kode Program 6.5 untuk pengimplementasian batasan bahwa tingkat kepuasan pengambil keputusan kurang dari sama dengan $f_2(Z_2)$.

```

103. %memasukkan batasan kedua FMOLP%
104. t = waktu'
105. dvar = zeros(1,32);
106. for i = 1:jmlgudang
107.     for j = 1:jmltujuan
108.         dvar(i,j) = t(i,j).*0.0000035;
109.     end
110. end
111. for i = 1:y
112.     dvar(1,25+i) = 0;
113. end
114. dvar(1,30) = 0.0000005;
115. dvar(1,31) = -0.0000005;
116. dvar(1,32) = 1;
117. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
118. bU(size(bU,1)+1,1) = inf;
119. bL(size(bL,1)+1,1) = 1.45;

```

Segmen Kode Program 6. 5 Pengimplementasian Batasan Kedua FMOLP

3. Pengimplementasian Batasan Variabel Deviation Non Negatif Derajat Keanggotaan ke-1 pada Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi

Pada Segmen Kode Program 6.6 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan ini. Pada kode program baris 122 sampai dengan 126 berfungsi untuk memasukkan koefisien Q yaitu variabel biaya (c). Kode program baris 127 dan 128 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{11}^- dan d_{11}^+ yang masing-masing bernilai 1 dan -1. Sedangkan kode program baris 130 dan 131 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) batasan ini yaitu nilai fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi pada derajat keanggotaan pertama (X_{11}). Berikut merupakan Segmen Kode Program 6.6 untuk pengimplementasian batasan variabel deviation non negatif derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi.

```

120. %memasukkan batasan ketiga FMOLP%
121. dvar = zeros(1,32);
122. for i = 1:jmlgudang
123.     for j = 1:jmltujuan
124.         dvar(i,j) = c(i,j);
125.     end
126. end
127. dvar(1,26) = 1;
128. dvar(1,27) = -1;
129. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
130. bU(size(bU,1)+1,1) = 280000000;
131. bL(size(bL,1)+1,1) = 280000000;

```

Segmen Kode Program 6. 6 Pengimplementasian Batasan Ketiga FMOLP

4. Pengimplementasian Batasan Variabel Deviatonal Non Negatif Derajat Keanggotaan ke-2 pada Fungsi Tujuan Meminimalkan Biaya Distribusi

Pada Segmen Kode Program 6.7 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan ini. Pada kode program baris 134 sampai dengan 138 berfungsi untuk memasukkan koefisien Q yaitu variabel biaya (c). Kode program baris 139 dan 140 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{12}^- dan d_{12}^+ yang masing-masing bernilai 1 dan -1. Sedangkan kode program baris 142 dan 143 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) batasan ini yaitu nilai fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi pada derajat keanggotaan kedua (X_{12}). Berikut merupakan Segmen Kode Program 6.7 untuk pengimplementasian batasan variabel deviatonal non negatif derajat keanggotaan ke-2 pada fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi.

```

132. %memasukkan batasan keempat FMOLP%
133. dvar = zeros(1,32);
134. for i = 1:jmlgudang
135.     for j = 1:jmltujuan
136.         dvar(i,j) = c(i,j);
137.     end
138. end
139. dvar(1,28) = 1;
140. dvar(1,29) = -1;
141. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
142. bU(size(bU,1)+1,1) = 180000000;
143. bL(size(bL,1)+1,1) = 180000000;

```

Segmen Kode Program 6. 7 Pengimplementasian Batasan Keempat FMOLP

5. Pengimplementasian Batasan Variabel Deviation Non Negatif Derajat Keanggotaan ke-1 pada Fungsi Tujuan Meminimalkan Waktu Distribusi

Pada Segmen Kode Program 6.8 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan ini. Pada kode program baris 146 sampai dengan 150 berfungsi untuk memasukkan koefisien Q yaitu variabel waktu (t). Kode program baris 151 dan 152 berfungsi untuk memasukkan koefisien d_{21}^- dan d_{21}^+ yang masing-masing bernilai 1 dan -1. Sedangkan kode program baris 154 dan 155 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) batasan ini yaitu nilai fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi pada derajat keanggotaan pertama (X_{21}). Berikut merupakan Segmen Kode Program 6.8 untuk pengimplementasian batasan variabel deviation non negatif derajat keanggotaan ke-1 pada fungsi tujuan meminimalkan waktu distribusi.

```

144. %memasukkan batasan kelima FMOLP%
145. dvar = zeros(1,32);
146. for i = 1:jmlgudang
147.     for j = 1:jmltujuan
148.         dvar(i,j) = t(i,j);
149.     end
150. end
151. dvar(1,30) = 1;
152. dvar(1,31) = -1;
153. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
154. bU(size(bU,1)+1,1) = 300000;
155. bL(size(bL,1)+1,1) = 300000;

```

Segmen Kode Program 6. 8 Pengimplementasian Batasan Kelima FMOLP

6. Pengimplementasian Batasan Persediaan

Pada Segmen Kode Program 6.9 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan persediaan. Batasan ini diperuntukkan agar jumlah produk

yang didistribusikan ke gudang penyangga tujuan tidak melebihi jumlah persediaan yang terdapat pada gudang Gresik. Pada kode program baris 163 dan 164 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) dari batasan ini dimana masing-masing merupakan nilai persediaan (S) dan minus tak terhingga (-inf). Kode program untuk pengimplementasian batasan persediaan ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.9.

```

156. %memasukkan batasan keenam FMOLP%
157. for i = 1:jmlgudang
158. dvar = zeros(1,32);
159. for j = 1:jmltujuan
160. dvar(i,j) = 1;
161. end
162. Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
163. bU(size(bU,1)+1,1) = S(i);
164. bL(size(bL,1)+1,1) = -inf;
165. end

```

Segmen Kode Program 6. 9 Pengimplementasian Batasan Keenam FMOLP

7. Pengimplementasian Batasan Permintaan

Pada Segmen Kode Program 6.10 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan permintaan. Batasan ini diperuntukkan agar permintaan distributor dapat terpenuhi. Pada kode program baris 173 dan 174 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) dari batasan ini dimana masing-masing bernilai tak terhingga (inf) dan nilai permintaan (D). Kode program untuk pengimplementasian batasan permintaan ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.10.


```

166. %memasukkan batasan ketujuh FMOLP%
167. for j = 1:jmltujuan
168.     dvar = zeros(1,32);
169.     for i = 1:jmlgudang
170.         dvar(i,j) = 1;
171.     end
172.     Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
173.     bU(size(bU,1)+1,1) = inf;
174.     bL(size(bL,1)+1,1) = D(j);
175. end

```

Segmen Kode Program 6. 10 Pengimplementasian Batasan Ketujuh FMOLP

8. Pengimplementasian Batasan Alokasi

Pada Segmen Kode Program 6.11 dijelaskan mengenai proses pengimplementasian batasan alokasi. Batasan ini diperuntukkan agar jumlah jumlah produk yang didistribusikan ke gudang penyangga tujuan tidak melebihi jumlah alokasi yang telah ditetapkan. Pada kode program baris 183 dan 184 berfungsi untuk memasukkan batas atas (bU) dan batas bawah (bL) dari batasan ini dimana masing-masing merupakan nilai alokasi (A) dan minus tak terhingga (-inf). Kode program untuk pengimplementasian batasan alokasi ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.11.

```

176. %memasukkan batasan kedelapan FMOLP%
177. for j = 1:jmltujuan
178.     dvar = zeros(1,32);
179.     for i = 1:jmlgudang
180.         dvar(i,j) = 1;
181.     end
182.     Q(size(Q,1)+1,:) = dvar;
183.     bU(size(bU,1)+1,1) = A(j);
184.     bL(size(bL,1)+1,1) = -inf;
185. end

```

Segmen Kode Program 6. 11 Pengimplementasian Batasan Kedelapan FMOLP

6.6.3 Pengimplementasian Penyelesaian FMOLP

Pada Segmen Kode Program 6.12 dijelaskan mengenai inisiasi batas bawah dan batas atas hasil yang menjadi keluaran. Batas bawah (x_L) bernilai 0 sedangkan batas atas (x_U) untuk variabel Q dan d adalah tak terhingga (\inf). Batas atas untuk variabel L bernilai 1 karena L berada pada interval 0 sampai 1. Kode program untuk inisiasi batas bawah dan batas atas hasil yang menjadi keluaran ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.12.

```
186. %memasukkan batasan atas dan batasan
    bawah hasil%
187. x_L = zeros(32,1);
188. x_U = [inf(31,1);ones(1,1)];
```

Segmen Kode Program 6. 12 Inisialisasi Batas Bawah dan Batas Atas Hasil

Pada penyelesaian model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP), digunakan *toolbox* Tomlab dengan fungsi `mipAssign`. x dan `fval` masing-masing berfungsi untuk menyimpan hasil variabel keputusan dan hasil fungsi tujuan. Kode program untuk penyelesaian model FMOLP ditunjukkan pada Segmen Kode Program 6.13.

```
189. %eksekusi model%
190. IntVars = false(32,1);
191. Prob = mipAssign(fo, Q, bL, bU, x_L,
    x_U, [], [], [], ...
192.     [], IntVars, [], 1, [], [], ...
193.     [], [], [], [], [], []);
194. Result = mipSolve(Prob)
195. x = Result.x_k;
196. fval = Result.f_k;
```

Segmen Kode Program 6. 13 Pengimplementasian Penyelesaian FMOLP

6.7 Hasil Penyelesaian FMOLP

Hasil penghitungan optimasi dengan menggunakan model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) yang telah dirumuskan pada persamaan 6.23 hingga 6.31 berupa solusi tingkat kepuasan pengambil keputusan (L), biaya, dan waktu distribusi optimal untuk masing-masing bulan. Berikut merupakan hasil penghitungan optimasi dengan model FMOLP.

Tabel 6. 3 Solusi Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan, Biaya, dan Waktu Distribusi Optimal

Bulan	L	Biaya	Waktu
Januari	0.8118	Rp174.124.085,00	6.838 jam 26 menit
Februari	0.9586	Rp100.719.623,00	4.012 jam 9 menit
Maret	0.9583	Rp100.858.894,00	3.900 jam 26 menit
April	0.971	Rp94.511.709,00	3.711 jam 1 menit
Mei	0.9489	Rp105.566.539,00	4.133 jam 47 menit
Juni	0.9906	Rp86.021.196,00	3.438 jam 16 menit
Juli	0.9865	Rp88.995.075,00	3.483 jam 45 menit
Agustus	0.9468	Rp106.595.899,00	4.220 jam 25 menit
September	0.9677	Rp96.133.421,00	3.863 jam 18 menit
Oktober	0.9558	Rp102.075.517,00	4.014 jam 45 menit

Berdasarkan Tabel 6.3, rata-rata nilai L adalah sebesar 0.9496 sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu

distribusi terpenuhi pada level 0.9496 dari skala 0 sampai dengan 1. Solusi tingkat kepuasan pengambil keputusan (L) optimal berbanding terbalik dengan solusi biaya dan waktu distribusi optimal. Dimana dengan parameter yang sama, solusi tingkat kepuasan pengambil keputusan (L) akan semakin maksimal apabila solusi biaya dan waktu distribusi semakin minimal. Solusi biaya distribusi optimal didapatkan dengan melakukan perkalian antara biaya distribusi dengan solusi jumlah produk yang harus didistribusikan, sedangkan solusi waktu distribusi optimal didapatkan dengan melakukan perkalian antara waktu distribusi dengan solusi jumlah produk yang harus didistribusikan.

Solusi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke masing-masing gudang penyangga di wilayah Jawa Timur untuk setiap bulan ditunjukkan pada Tabel 6.4. Berdasarkan data hasil optimasi pada tabel tersebut, faktor seasonal pada data hasil optimasi cenderung memiliki kesamaan dengan faktor seasonal pada data historis dimana terdapat penurunan pada bulan Maret, peningkatan pada bulan Mei, penurunan pada bulan Juli, dan peningkatan kembali pada bulan September. Pada bulan Januari, Februari, Maret, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke masing-masing gudang penyangga cenderung mengalami peningkatan apabila dibandingkan dengan data pada bulan yang sama pada tahun-tahun sebelumnya karena persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan permintaan dan alokasi pada bulan tersebut cenderung lebih tinggi daripada persentase faktor yang mempengaruhi penurunan permintaan dan alokasi. Sebaliknya, pada bulan April jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke masing-masing gudang penyangga cenderung mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan data pada bulan yang sama pada tahun-tahun sebelumnya karena persentase faktor yang mempengaruhi penurunan permintaan dan alokasi pada bulan tersebut cenderung lebih tinggi daripada persentase faktor yang mempengaruhi peningkatan permintaan dan alokasi.

Tabel 6. 4 Solusi Jumlah Produk yang Harus Didistribusikan dari Gudang Gresik ke Masing-Masing Gudang Penyangga

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	1094	539	637	744	364	183	209	623	725	710
Ponorogo	4955	1855	2223	2101	3100	1267	1282	2531	2821	1760
Trenggalek	2040	1033	700	695	1460	564	267	568	1005	1220
Tulungagung	2385	2060	1008	384	2060	1777	487	1052	1020	2938
Blitar	4021	2944	2150	1156	2075	1828	1550	1520	2021	2597
Kediri	6106	2398	2900	2996	4078	3026	2332	3864	4018	3296
Malang	5271	2713	2722	1549	1756	2786	2304	3504	2076	3663
Lumajang	2078	1760	1003	873	1321	1108	1199	847	914	1019
Jember	4878	2225	1857	2235	3315	2530	2267	3072	3487	2430
Banyuwangi	3500	3494	2149	2120	1924	2718	3168	3245	2301	1421
Bondowoso	853	848	345	564	764	692	445	981	315	335
Situbondo	793	801	394	322	437	611	346	813	280	304
Probolinggo	1439	1151	488	574	925	748	378	781	715	736
Pasuruan	2117	1793	796	584	938	1154	949	876	590	649
Sidoarjo	1157	349	159	224	681	368	628	633	225	379

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Mojokerto	2592	1767	1715	1512	2146	1824	1898	1868	1880	2023
Jombang	3473	1413	584	1846	2920	1672	785	1214	1409	1116
Nganjuk	3948	1074	1884	3636	3150	2819	3152	4097	2759	1623
Madiun	3394	460	2354	3676	1480	433	2030	2193	1052	1377
Magetan	2253	1341	2282	1718	1406	896	1808	2150	1677	2063
Ngawi	3232	2985	6431	3091	1858	2252	5040	2844	2069	3172
Bojonegoro	5259	2251	3373	5690	2634	1704	1809	1832	3389	4488
Tuban	5857	2132	1799	2913	1870	2028	1476	2063	2261	3074
Lamongan	5934	1875	3390	4450	3859	2988	2622	2053	2616	3681
Gresik	2121	586	1114	1871	1360	392	892	691	500	1299

6.8 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) yang diusulkan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Distribution Planning Decision* (DPD) dengan lebih dari satu fungsi tujuan dalam lingkungan *fuzzy* apabila dibandingkan dengan metode *Single Objective Linear Programming* karena bertujuan untuk secara bersamaan meminimalkan biaya distribusi dan waktu distribusi. Perbandingan hasil solusi fungsi tujuan untuk bulan Februari yang dihasilkan pada penghitungan *Single Objective Linear Programming* dan FMOLP ditunjukkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6. 5 Perbandingan Hasil

	LP-1	LP-2	Membership Function	FMOLP
Fungsi Tujuan	Min z_1	Min z_2	-	Max L
L	100%	100%	-	0.9716
z_1 (Rp/ton)	100.718.968	-	(80000000, 380000000)	100.719.623
z_2 (jam)	-	4.012 jam 9 menit	(100000, 400000)	4.012 jam 9 menit

Berdasarkan tabel di atas, penghitungan *single objective linear programming* 1 dengan fungsi tujuan z_1 yaitu meminimalkan biaya distribusi menghasilkan solusi biaya optimal sebesar Rp100.718.968,00 dengan tingkat kepuasan pengambil keputusan sebesar 100% hanya untuk fungsi tujuan z_1 . Sedangkan penghitungan *single objective linear programming* 2 dengan fungsi tujuan z_2 yaitu meminimalkan waktu distribusi menghasilkan solusi waktu optimal sebesar 4.012 jam 9 menit dengan tingkat kepuasan pengambil keputusan sebesar 100% hanya untuk fungsi tujuan z_2 . Berdasarkan hasil penghitungan *single objective linear*

programming, interval derajat fungsi keanggotaan *piecewise linear* untuk z_1 adalah (80000000, 380000000) sedangkan untuk z_2 adalah (100000, 400000). Untuk secara bersamaan memenuhi kedua fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi, dilakukan penghitungan *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) dengan fungsi tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan pengambil keputusan. Hasil penghitungan FMOLP adalah tingkat kepuasan pengambil keputusan sebesar 0.9716 yang berarti kedua fungsi tujuan terpenuhi pada level 0.9716 dari skala 0 sampai dengan 1. Solusi biaya optimal dari hasil penghitungan FMOLP adalah sebesar Rp100.719.623 dan waktu optimal sebesar 4.012 jam 9 menit. Salah satu solusi dari fungsi tujuan memiliki nilai yang lebih besar apabila dibandingkan dengan hasil penghitungan *single objective linear programming* karena FMOLP mengoptimalkan kedua fungsi tujuan secara bersamaan sehingga solusi yang dihasilkan merupakan solusi yang paling optimal untuk kedua fungsi tujuan.

Selain itu, model FMOLP dengan fungsi keanggotaan *piecewise linear* yang diusulkan memungkinkan pengambil keputusan untuk memodifikasi data atau parameter *fuzzy*, salah satunya merupakan modifikasi interval derajat keanggotaan *piecewise linear*. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, peningkatan interval derajat keanggotaan *piecewise linear* untuk masing-masing fungsi tujuan akan mempengaruhi peningkatan tingkat kepuasan pengambil keputusan. Oleh karena itu, pengambil keputusan harus dapat menentukan derajat keanggotaan yang sesuai. Solusi *Single Objective Linear Programming* sering kali digunakan sebagai titik awal untuk derajat keanggotaan *piecewise linear* dimana interval derajat keanggotaan harus mencakup solusi *Single Objective Linear Programming*.

6.9 Verifikasi

Pada proses ini akan dilakukan verifikasi dengan cara membandingkan keluaran yang dihasilkan oleh model dengan data asli PT. Petrokimia Gresik untuk mengetahui bahwa model sudah sesuai dan memasukkan keluaran yang dihasilkan oleh model ke dalam batasan untuk mengetahui bahwa semua batasan telah terpenuhi. Berikut merupakan penjelasan mengenai verifikasi terhadap model yang telah dibuat.

Persediaan gudang Gresik

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} + Q_{17} + Q_{18} + Q_{19} + Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{25} \leq 682500 \quad (6.32)$$

Jika hasil akhir dimasukkan ke dalam fungsi batasan, maka pertidaksamaan akan menjadi:

$$1094 + 4955 + 2040 + 2385 + 4021 + 6106 + 5271 + 2078 + 4878 + 3500 + 853 + 793 + 1439 + 2117 + 1157 + 2592 + 3473 + 3948 + 3394 + 2253 + 3232 + 5259 + 5857 + 5934 + 2121 = 80752$$

Hasil akhir memenuhi karena $80.752 \leq 682.500$.

Permintaan Pacitan

$$Q_1 \geq \frac{1}{6}564 + \frac{4}{6}1000 + \frac{1}{6}1769 \quad (6.33)$$

$$Q_1 \geq 1056$$

Hasil akhir memenuhi karena $1094 \geq 1056$.

Permintaan Ponorogo

$$Q_2 \geq \frac{1}{6}2556 + \frac{4}{6}4530 + \frac{1}{6}8015 \quad (6.34)$$

$$Q_2 \geq 4782$$

Hasil akhir memenuhi karena $4955 \geq 4782$.

Permintaan Trenggalek

$$Q_3 \geq \frac{1}{6}1047 + \frac{4}{6}1855 + \frac{1}{6}3282 \quad (6.35)$$

$$Q_3 \geq 1958$$

Hasil akhir memenuhi karena $2040 \geq 1958$.

Permintaan Tulungagung

$$Q_4 \geq \frac{1}{6}1230 + \frac{4}{6}2180 + \frac{1}{6}3857 \quad (6.36)$$

$$Q_4 \geq 2301$$

Hasil akhir memenuhi karena $2385 \geq 2301$.

Permintaan Blitar

$$Q_5 \geq \frac{1}{6}2074 + \frac{4}{6}3676 + \frac{1}{6}6504 \quad (6.37)$$

$$Q_5 \geq 3881$$

Hasil akhir memenuhi karena $4021 \geq 3881$.

Permintaan Kediri

$$Q_6 \geq \frac{1}{6}3150 + \frac{4}{6}5582 + \frac{1}{6}9876 \quad (6.38)$$

$$Q_6 \geq 5893$$

Hasil akhir memenuhi karena $6106 \geq 5893$.

Permintaan Malang

$$Q_7 \geq \frac{1}{6}2698 + \frac{4}{6}4782 + \frac{1}{6}8461 \quad (6.39)$$

$$Q_7 \geq 5048$$

Hasil akhir memenuhi karena $5271 \geq 5048$.

Permintaan Lumajang

$$Q_8 \geq \frac{1}{6}1072 + \frac{4}{6}1900 + \frac{1}{6}3362 \quad (6.40)$$

$$Q_8 \geq 2006$$

Hasil akhir memenuhi karena $2078 \geq 2006$.

Permintaan Jember

$$Q_9 \geq \frac{1}{6}2517 + \frac{4}{6}4460 + \frac{1}{6}7891 \quad (6.41)$$

$$Q_9 \geq 4708$$

Hasil akhir memenuhi karena $4878 \geq 4708$.

Permintaan Banyuwangi

$$Q_{10} \geq \frac{1}{6}1806 + \frac{4}{6}3200 + \frac{1}{6}5662 \quad (6.42)$$

$$Q_{10} \geq 3378$$

Hasil akhir memenuhi karena $3500 \geq 3378$.

Permintaan Bondowoso

$$Q_{11} \geq \frac{1}{6}440 + \frac{4}{6}780 + \frac{1}{6}1380 \quad (6.43)$$

$$Q_{11} \geq 823$$

Hasil akhir memenuhi karena $853 \geq 823$.

Permintaan Situbondo

$$Q_{12} \geq \frac{1}{6} 409 + \frac{4}{6} 725 + \frac{1}{6} 1283 \quad (6.44)$$

$$Q_{12} \geq 765$$

Hasil akhir memenuhi karena $793 \geq 765$.

Permintaan Probolinggo

$$Q_{13} \geq \frac{1}{6} 743 + \frac{4}{6} 1316 + \frac{1}{6} 2328 \quad (6.45)$$

$$Q_{13} \geq 1389$$

Hasil akhir memenuhi karena $1439 \geq 1389$.

Permintaan Pasuruan

$$Q_{14} \geq \frac{1}{6} 1092 + \frac{4}{6} 1935 + \frac{1}{6} 3424 \quad (6.46)$$

$$Q_{14} \geq 2043$$

Hasil akhir memenuhi karena $2117 \geq 2043$.

Permintaan Sidoarjo

$$Q_{15} \geq \frac{1}{6} 597 + \frac{4}{6} 1058 + \frac{1}{6} 1872 \quad (6.47)$$

$$Q_{15} \geq 1117$$

Hasil akhir memenuhi karena $1157 \geq 1117$.

Permintaan Mojokerto

$$Q_{16} \geq \frac{1}{6} 1337 + \frac{4}{6} 2370 + \frac{1}{6} 4193 \quad (6.48)$$

$$Q_{16} \geq 2502$$

Hasil akhir memenuhi karena $2592 \geq 2502$.

Permintaan Jombang

$$Q_{17} \geq \frac{1}{6} 1792 + \frac{4}{6} 3175 + \frac{1}{6} 5617 \quad (6.49)$$

$$Q_{17} \geq 3352$$

Hasil akhir memenuhi karena $3473 \geq 3352$.

Permintaan Nganjuk

$$Q_{18} \geq \frac{1}{6} 2036 + \frac{4}{6} 3609 + \frac{1}{6} 6385 \quad (6.50)$$

$$Q_{18} \geq 3810$$

Hasil akhir memenuhi karena $3948 \geq 3810$.

Permintaan Madiun

$$Q_{19} \geq \frac{1}{6} 1751 + \frac{4}{6} 3103 + \frac{1}{6} 5490 \quad (6.51)$$

$$Q_{19} \geq 3276$$

Hasil akhir memenuhi karena $3394 \geq 3276$.

Permintaan Magetan

$$Q_{20} \geq \frac{1}{6} 1162 + \frac{4}{6} 2060 + \frac{1}{6} 3645 \quad (6.52)$$

$$Q_{20} \geq 2175$$

Hasil akhir memenuhi karena $2253 \geq 2175$.

Permintaan Ngawi

$$Q_{21} \geq \frac{1}{6} 1667 + \frac{4}{6} 2955 + \frac{1}{6} 5228 \quad (6.53)$$

$$Q_{21} \geq 3120$$

Hasil akhir memenuhi karena $3232 \geq 3120$.

Permintaan Bojonegoro

$$Q_{22} \geq \frac{1}{6}2713 + \frac{4}{6}4808 + \frac{1}{6}8507 \quad (6.54)$$

$$Q_{22} \geq 5076$$

Hasil akhir memenuhi karena $5259 \geq 5076$.

Permintaan Tuban

$$Q_{23} \geq \frac{1}{6}3022 + \frac{4}{6}5355 + \frac{1}{6}9474 \quad (6.55)$$

$$Q_{23} \geq 5653$$

Hasil akhir memenuhi karena $5857 \geq 5653$.

Permintaan Lamongan

$$Q_{24} \geq \frac{1}{6}3061 + \frac{4}{6}5425 + \frac{1}{6}9598 \quad (6.56)$$

$$Q_{24} \geq 5727$$

Hasil akhir memenuhi karena $5934 \geq 5727$.

Permintaan Gresik

$$Q_{25} \geq \frac{1}{6}1094 + \frac{4}{6}1939 + \frac{1}{6}3431 \quad (6.57)$$

$$Q_{25} \geq 2047$$

Hasil akhir memenuhi karena $2121 \geq 2047$.

Alokasi Pacitan

$$Q_1 \leq \frac{1}{6}791 + \frac{4}{6}1000 + \frac{1}{6}1771 \quad (6.58)$$

$$Q_1 \leq 1094$$

Hasil akhir memenuhi karena $1094 \leq 1094$.

Alokasi Ponorogo

$$Q_2 \leq \frac{1}{6}3583 + \frac{4}{6}4530 + \frac{1}{6}8024 \quad (6.59)$$

$$Q_2 \leq 4955$$

Hasil akhir memenuhi karena $4955 \leq 4955$.

Alokasi Trenggalek

$$Q_3 \leq \frac{1}{6}1475 + \frac{4}{6}1865 + \frac{1}{6}3304 \quad (6.60)$$

$$Q_3 \leq 2040$$

Hasil akhir memenuhi karena $2040 \leq 2040$.

Alokasi Tulungagung

$$Q_4 \leq \frac{1}{6}1724 + \frac{4}{6}2180 + \frac{1}{6}3862 \quad (6.61)$$

$$Q_4 \leq 2385$$

Hasil akhir memenuhi karena $2385 \leq 2385$.

Alokasi Blitar

$$Q_5 \leq \frac{1}{6}2907 + \frac{4}{6}3676 + \frac{1}{6}6512 \quad (6.62)$$

$$Q_5 \leq 4021$$

Hasil akhir memenuhi karena $4021 \leq 4021$.

Alokasi Kediri

$$Q_6 \leq \frac{1}{6}4415 + \frac{4}{6}5582 + \frac{1}{6}9888 \quad (6.63)$$

$$Q_6 \leq 6106$$

Hasil akhir memenuhi karena $6106 \leq 6106$.

Alokasi Malang

$$Q_7 \leq \frac{1}{6} 3811 + \frac{4}{6} 4819 + \frac{1}{6} 8536 \quad (6.64)$$

$$Q_7 \leq 5271$$

Hasil akhir memenuhi karena $5271 \leq 5271$.

Alokasi Lumajang

$$Q_8 \leq \frac{1}{6} 1503 + \frac{4}{6} 1900 + \frac{1}{6} 3366 \quad (6.65)$$

$$Q_8 \leq 2078$$

Hasil akhir memenuhi karena $2078 \leq 2078$.

Alokasi Jember

$$Q_9 \leq \frac{1}{6} 3527 + \frac{4}{6} 4460 + \frac{1}{6} 7900 \quad (6.66)$$

$$Q_9 \leq 4878$$

Hasil akhir memenuhi karena $4878 \leq 4878$.

Alokasi Banyuwangi

$$Q_{10} \leq \frac{1}{6} 2531 + \frac{4}{6} 3200 + \frac{1}{6} 5668 \quad (6.67)$$

$$Q_{10} \leq 3500$$

Hasil akhir memenuhi karena $3500 \leq 3500$.

Alokasi Bondowoso

$$Q_{11} \leq \frac{1}{6} 617 + \frac{4}{6} 780 + \frac{1}{6} 1382 \quad (6.68)$$

$$Q_{11} \leq 853$$

Hasil akhir memenuhi karena $853 \leq 853$.

Alokasi Situbondo

$$Q_{12} \leq \frac{1}{6}573 + \frac{4}{6}725 + \frac{1}{6}1284 \quad (6.69)$$

$$Q_{12} \leq 793$$

Hasil akhir memenuhi karena $793 \leq 793$.

Alokasi Probolinggo

$$Q_{13} \leq \frac{1}{6}1041 + \frac{4}{6}1316 + \frac{1}{6}2331 \quad (6.70)$$

$$Q_{13} \leq 1439$$

Hasil akhir memenuhi karena $1439 \leq 1439$.

Alokasi Pasuruan

$$Q_{14} \leq \frac{1}{6}1530 + \frac{4}{6}1935 + \frac{1}{6}3428 \quad (6.71)$$

$$Q_{14} \leq 2117$$

Hasil akhir memenuhi karena $2117 \leq 2117$.

Alokasi Sidoarjo

$$Q_{15} \leq \frac{1}{6}837 + \frac{4}{6}1058 + \frac{1}{6}1874 \quad (6.72)$$

$$Q_{15} \leq 1157$$

Hasil akhir memenuhi karena $1157 \leq 1157$.

Alokasi Mojokerto

$$Q_{16} \leq \frac{1}{6}1874 + \frac{4}{6}2370 + \frac{1}{6}4198 \quad (6.73)$$

$$Q_{16} \leq 2592$$

Hasil akhir memenuhi karena $2592 \leq 2592$.

Alokasi Jombang

$$Q_{17} \leq \frac{1}{6}2511 + \frac{4}{6}3175 + \frac{1}{6}5624 \quad (6.74)$$

$$Q_{17} \leq 3473$$

Hasil akhir memenuhi karena $3473 \leq 3473$.

Alokasi Nganjuk

$$Q_{18} \leq \frac{1}{6}2854 + \frac{4}{6}3609 + \frac{1}{6}6393 \quad (6.75)$$

$$Q_{18} \leq 3948$$

Hasil akhir memenuhi karena $3948 \leq 3948$.

Alokasi Madiun

$$Q_{19} \leq \frac{1}{6}2454 + \frac{4}{6}3103 + \frac{1}{6}5497 \quad (6.76)$$

$$Q_{19} \leq 3394$$

Hasil akhir memenuhi karena $3394 \leq 3394$.

Alokasi Magetan

$$Q_{20} \leq \frac{1}{6}1629 + \frac{4}{6}2060 + \frac{1}{6}3649 \quad (6.77)$$

$$Q_{20} \leq 2253$$

Hasil akhir memenuhi karena $2253 \leq 2253$.

Alokasi Ngawi

$$Q_{21} \leq \frac{1}{6}2337 + \frac{4}{6}2955 + \frac{1}{6}5234 \quad (6.78)$$

$$Q_{21} \leq 3232$$

Hasil akhir memenuhi karena $3232 \leq 3232$.

Alokasi Bojonegoro

$$Q_{22} \leq \frac{1}{6} 3803 + \frac{4}{6} 4808 + \frac{1}{6} 8517 \quad (6.79)$$

$$Q_{22} \leq 5259$$

Hasil akhir memenuhi karena $5259 \leq 5259$.

Alokasi Tuban

$$Q_{23} \leq \frac{1}{6} 4235 + \frac{4}{6} 5355 + \frac{1}{6} 9486 \quad (6.80)$$

$$Q_{23} \leq 5857$$

Hasil akhir memenuhi karena $5857 \leq 5857$.

Alokasi Lamongan

$$Q_{24} \leq \frac{1}{6} 4290 + \frac{4}{6} 5425 + \frac{1}{6} 9610 \quad (6.81)$$

$$Q_{24} \leq 5934$$

Hasil akhir memenuhi karena $5934 \leq 5934$.

Alokasi Gresik

$$Q_{25} \leq \frac{1}{6} 1534 + \frac{4}{6} 1939 + \frac{1}{6} 3435 \quad (6.82)$$

$$Q_{25} \leq 2121$$

Hasil akhir memenuhi karena $2121 \leq 2121$.

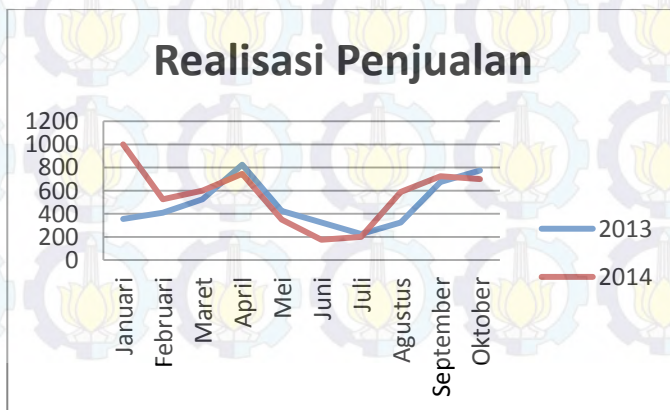
6.10 Peramalan Permintaan

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai hasil peramalan permintaan, hasil penentuan *error* peramalan dengan menggunakan MAPE, dan hasil penentuan nilai optimal parameter alfa, beta, dan gamma.

6.10.1 Penentuan Hasil Peramalan Permintaan

Hasil peramalan jumlah permintaan digunakan sebagai dasar untuk mengetahui jumlah produk yang harus didistribusikan pada tahun berikutnya dalam proses perencanaan distribusi produk dengan model FMOLP yang telah dibuat. Dalam tahap peramalan jumlah permintaan, didapatkan data realisasi penjualan pupuk bersubsidi jenis pupuk phonska milik PT. Petrokimia Gresik (Persero) selama 2 tahun ke belakang, yakni data realisasi penjualan mulai bulan Januari hingga Oktober tahun 2013 dan data realisasi penjualan mulai bulan Januari hingga Oktober tahun 2014. Data realisasi penjualan yang didapat berupa data bulanan. Sehingga terdapat 20 data bulanan untuk masing-masing Kabupaten terkait jumlah realisasi penjualan. Kemudian dari data realisasi penjualan yang dimiliki akan diramalkan jumlah permintaan untuk 1 tahun mendatang.

Untuk menentukan metode peramalan yang tepat dapat dilihat dari pola data. Untuk memudahkan dalam mengetahui pola data yang dimiliki dibuat grafik data realisasi penjualan tahun 2013 dan 2014 yang ditunjukkan pada Gambar 6.3.

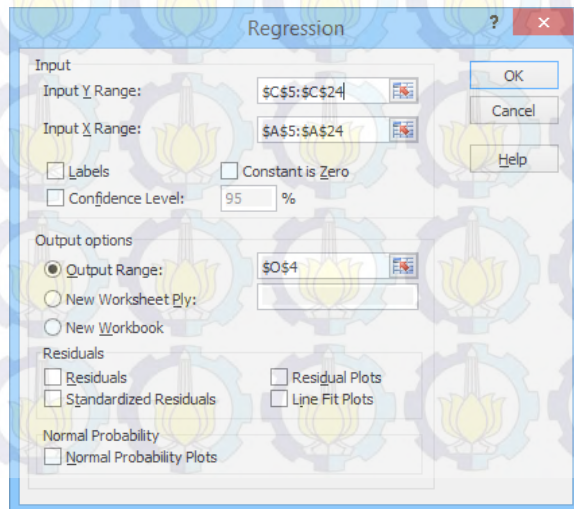


Gambar 6. 3 Grafik Realisasi Penjualan Tahun 2013 dan 2014

Berdasarkan grafik pada Gambar 6.3, pola data realisasi penjualan menunjukkan adanya *trend* dan *seasonal*, dimana terjadi peningkatan pada bulan April, penurunan pada bulan Juli, kemudian peningkatan kembali pada bulan Oktober. Berdasarkan hal tersebut, metode peramalan yang digunakan adalah metode *Winter (Triple Exponential Smoothing)* karena metode *Winter* merupakan metode peramalan yang cocok untuk pola data yang memiliki *level*, *trend*, dan faktor *seasonal*.

Dalam meramalkan dengan metode *Winter*, terlebih dahulu ditentukan nilai awal dari periode musiman (p), *level* (L_0), dan *trend* (T_0). Berdasarkan grafik di atas, maka diketahui bahwa periode musiman (p) adalah sebesar 10. Sedangkan nilai *level* (L_0) dan *trend* (T_0) didapatkan dengan menggunakan *tools Data Analysis Regression* pada *Microsoft Excel*.

Pada proses *regression*, *Input Y Range* diisi dengan nilai permintaan pada sel \$C\$5:\$C\$24 dan *Input X Range* diisi dengan nilai periode pada sel \$A\$5:\$A\$24. Proses regresi ditunjukkan pada Gambar 6.4.



Gambar 6. 4 Proses Regression pada Microsoft Excel

Hasil yang didapat dari proses *regression* ditunjukkan pada Gambar 6.5. Dari hasil *regression* pada Gambar 6.5 didapatkan nilai *level* (L0) dari nilai *Intercept* yakni sebesar 468.2842105 dan nilai *trend* (T0) dari nilai *X Variable 1* yakni sebesar 5.287218045.

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.13561514							
R Square	0.018391466							
Adjusted R Square	-0.036142341							
Standard Error	234.7809075							
Observations	20							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	18589.85865	18589.85865	0.337248894	0.568621901			
Residual	18	992197.3414	55122.07452					
Total	19	1010787.2						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	468.2842105	109.0631168	4.293699137	0.000437162	239.1511046	697.4173164	239.1511046	697.4173164
X Variable 1	5.287218045	9.104413085	0.580731344	0.568621901	-13.84044407	24.41488016	-13.84044407	24.41488016

Gambar 6. 5 Hasil Regression

Peramalan menggunakan metode *Winter* membutuhkan 3 nilai parameter, yaitu alfa (α), beta (β), dan gamma (γ). Sebagai inisialisasi, nilai alfa, beta, dan gamma ditentukan sebesar 0.01 untuk masing-masing paramater.

Selanjutnya dilakukan penghitungan *deseasonalized demand* yang bertujuan untuk menghilangkan fluktuasi musiman pada data. Penghitungan *deseasonalized demand* dimulai pada periode 6, yaitu pertengahan tahun pertama dari data histori dengan rumus penghitungan $= (C5 + C15 + (\text{SUM}(C6:C14) * 2)) / 20$. Rumus tersebut dapat disalin sampai periode 15, yaitu pertengahan tahun terakhir dari data histori. Hasil penghitungan *deseasonalized demand* ditunjukkan pada Gambar 6.6.

	A	B	C	D
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized
5	1	Jan-13	355	
6	2	Feb-13	410	
7	3	Mar-13	525	
8	4	Apr-13	825	
9	5	May-13	425	
10	6	Jun-13	325	518.75
11	7	Jul-13	225	556.75
12	8	Aug-13	325	566.25
13	9	Sep-13	675	566.05
14	10	Oct-13	775	558.35
15	11	Jan-14	1000	547.1
16	12	Feb-14	525	538.35
17	13	Mar-14	600	550.35
18	14	Apr-14	746	566.1
19	15	May-14	350	564.85
20	16	Jun-14	175	
21	17	Jul-14	200	
22	18	Aug-14	590	
23	19	Sep-14	725	
24	20	Oct-14	700	

Gambar 6. 6 Hasil Penghitungan Deseasonalized Demand

Langkah selanjutnya adalah menghitung \bar{D}_t . \bar{D}_t adalah *deseasonalized demand* pada periode t . Rumus yang digunakan adalah $\bar{D}_t = L_0 + tT_0$. Sehingga untuk periode 1 rumus penghitungan yang digunakan adalah $=\$P\$20+(\$P\$21*A5)$. Rumus tersebut dapat disalin hingga periode terakhir. Hasil penghitungan \bar{D}_t atau *deseasonalized demand* pada periode t ditunjukkan pada Gambar 6.7.

	A	B	C	D	E
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar
5	1	Jan-13	355		473.5714286
6	2	Feb-13	410		478.8586466
7	3	Mar-13	525		484.1458647
8	4	Apr-13	825		489.4330827
9	5	May-13	425		494.7203008
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812
20	16	Jun-14	175		552.8796992
21	17	Jul-14	200		558.1669173
22	18	Aug-14	590		563.4541353
23	19	Sep-14	725		568.7413534
24	20	Oct-14	700		574.0285714

Gambar 6. 7 Hasil Penghitungan Deseasonalized Demand pada Periode t

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung faktor musiman (*seasonal*) yang dilambangkan dengan simbol \bar{S} . Rumus untuk menghitung faktor musiman pada periode t adalah $\bar{S} = D_t / \bar{D}_t$. Sehingga untuk periode 1 rumus penghitungan yang digunakan adalah $=C5/E5$. Rumus tersebut dapat disalin hingga periode terakhir. Hasil perhitungan \bar{S} atau faktor musiman ditunjukkan pada Gambar 6.8.

	A	B	C	D	E	F
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.649999
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451

Gambar 6. 8 Hasil Penghitungan Faktor Musiman

Selanjutnya dilakukan penghitungan nilai L_t dengan rumus $L_{t+1} = \alpha (D_{t+1}/S_{t+1}) + (1 - \alpha)(L_t + T_t)$. Untuk periode 1, nilai L_t dan T_t yang digunakan adalah nilai L_0 dan T_0 yang didapatkan pada proses *Regression*. Sehingga untuk periode 1 rumus yang digunakan adalah $=\$A\$2*(C5/I5)+(1-\$A\$2)*(P20+P21)$. Sedangkan untuk periode selanjutnya nilai L_t dan T_t yang digunakan adalah nilai L_t dan T_t pada periode sebelumnya. Sehingga untuk periode selanjutnya rumus yang digunakan adalah $=\$A\$2*(C6/I6)+(1-\$A\$2)*(G5+H5)$. Hasil penghitungan L_t atau *level* ditunjukkan pada Gambar 6.9.

	A	B	C	D	E	F	G
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203	476.4626
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384	481.6779
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071	493.4757
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.64999	500.489
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285	506.3241
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529	510.3669
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471	515.7224
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078	521.5257
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539	529.1316
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342	534.8014
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281	540.1696
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609	544.9023
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161	549.3784
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113	564.1005
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262

Gambar 6. 9 Hasil Penghitungan Level

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai T_t dengan rumus $T_{t+1} = \beta (L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t$. Sama seperti pada penghitungan level, untuk periode 1 nilai L_t dan T_t yang digunakan adalah nilai L_0 dan T_0 yang didapatkan pada proses *Regression*. Sehingga untuk periode 1 rumus yang digunakan adalah $=\$B\$2*(G5-P20)+(1-\$B\$2)*P21$. Sedangkan untuk periode selanjutnya nilai L_t dan T_t yang digunakan adalah nilai L_t dan T_t pada periode sebelumnya. Sehingga untuk periode selanjutnya rumus yang digunakan adalah $=\$B\$2*(G6-G5)+(1-\$B\$2)*H5$. Hasil penghitungan T_t atau *trend* ditunjukkan pada Gambar 6.10.

	A	B	C	D	E	F	G	H
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158	5.267
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203	476.4626	5.263
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384	481.6779	5.263
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615	5.268
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071	493.4757	5.276
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.64999	500.489	5.293
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285	506.3241	5.298
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529	510.3669	5.286
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471	515.7224	5.287
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078	521.5257	5.292
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539	529.1316	5.315
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342	534.8014	5.318
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281	540.1696	5.319
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609	544.9023	5.313
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161	549.3784	5.305
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452	5.285
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225	5.279
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113	564.1005	5.293
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122	5.292
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287

Gambar 6. 10 Hasil Penghitungan Trend

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai S_t . Untuk siklus periode musiman pertama pertama, S_t dihitung dengan cara merata-rata faktor musiman suatu periode tertentu antar siklus. Sehingga untuk siklus periode musiman pertama rumus yang digunakan adalah $=\text{AVERAGE}(F5, F15)$ dimana sel F5 adalah \bar{S} periode 1 dan sel F15 adalah \bar{S} periode 11. Hasil penghitungan S_t untuk siklus periode musiman pertama ditunjukkan pada Gambar 6.11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt	St-Winter
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158	5.267	1.324581
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203	476.4626	5.263	0.921772
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384	481.6779	5.263	1.100832
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615	5.268	1.530616
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071	493.4757	5.276	0.749116
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.64999	500.489	5.293	0.483257
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285	506.3241	5.298	0.4018
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529	510.3669	5.286	0.841821
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471	515.7224	5.287	1.291608
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078	521.5257	5.292	1.353265

Gambar 6. 11 Hasil Penghitungan Faktor Seasonal Siklus Periode Musiman Pertama

Sedangkan untuk S_t yang dimulai pada siklus periode musiman kedua, penghitungan dilakukan dengan menggunakan rumus $S_{t+p+1} = \gamma (D_{t+1}/L_{t+1}) + (1 - \gamma)S_{t+1}$. Sehingga rumus yang digunakan adalah $=\$C\$2*(C5/G5)+(1-\$C\$2)*15$. Rumus tersebut dapat disalin hingga 1 siklus periode musiman setelah periode terakhir dari data histori. S_t pada 1 siklus periode musiman terakhir tersebut nantinya akan digunakan sebagai S_t peramalan tanpa data histori. Hasil penghitungan S_t siklus periode musiman kedua dan S_t pada 1 siklus periode musiman terakhir (tanpa data histori) ditunjukkan pada Gambar 6.12.

4	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt	St-Winter
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539	529.1316	5.315	1.318864
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342	534.8014	5.318	0.921159
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281	540.1696	5.319	1.100723
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609	544.9023	5.313	1.532235
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161	549.3784	5.305	0.750238
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452	5.285	0.484918
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225	5.279	0.402226
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113	564.1005	5.293	0.83977
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122	5.292	1.29178
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287	1.354592
25	21	Jan-15							1.324574
26	22	Feb-15							0.921765
27	23	Mar-15							1.100824
28	24	Apr-15							1.530603
29	25	May-15							0.749106
30	26	Jun-15							0.483235
31	27	Jul-15							0.401792
32	28	Aug-15							0.841832
33	29	Sep-15							1.291597
34	30	Oct-15							1.353241

Gambar 6. 12 Hasil Penghitungan Faktor Seasonal Siklus Periode Musiman Kedua dan Terakhir

Selanjutnya dilakukan penghitungan F_t atau nilai yang diramalkan dengan menggunakan rumus $F_{t+1} = (L_{t+1}T_t)(S_{t+1})$. Untuk periode 1, nilai L_t dan T_t yang digunakan adalah nilai L_0 dan T_0 yang didapatkan pada proses *Regression*. Sehingga untuk periode 1 rumus yang digunakan adalah $=(P20+P21)*15$. Sedangkan untuk periode selanjutnya nilai L_t dan T_t yang digunakan adalah nilai L_t dan T_t pada periode sebelumnya. Sehingga untuk periode selanjutnya rumus yang digunakan

adalah $= (G5+H5)*I6$. Rumus tersebut dapat disalin hingga periode terakhir dari data histori. Hasil penghitungan F_t dengan data histori ditunjukkan pada Gambar 6.13.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt	St-Winter	Forecast
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158	5.267	1.324581	627.2836
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203	476.4626	5.263	0.921772	439.4848
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384	481.6779	5.263	1.100832	530.2997
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615	5.268	1.530616	745.3197
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071	493.4757	5.276	0.749116	369.1119
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.64999	500.489	5.293	0.483257	241.0253
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285	506.3241	5.298	0.4018	203.2233
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529	510.3669	5.286	0.841821	430.6944
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471	515.7224	5.287	1.291608	666.0213
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078	521.5257	5.292	1.353265	705.0629
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539	529.1316	5.315	1.318864	694.8006
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342	534.8014	5.318	0.921159	492.3105
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281	540.1696	5.319	1.100723	594.5226
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609	544.9023	5.313	1.532235	835.8164
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161	549.3784	5.305	0.750238	412.7923
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452	5.285	0.484918	268.9761
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225	5.279	0.402226	224.4544
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113	564.1005	5.293	0.83977	472.5403
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122	5.292	1.29178	735.5316
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287	1.354592	778.3549

Gambar 6. 13 Hasil Peramalan dengan Data Histori

Kemudian dilanjutkan penghitungan F_t atau nilai yang diramalkan pada periode baru dimana tidak terdapat data histori dengan menggunakan rumus $F_{t+n} = (L_t + nT_t) S_{t+n}$. n adalah periode peramalan tanpa data histori. Sehingga rumus yang digunakan adalah $= ((G\$24 + (A25 * \$H\$24)) * I25)$. Rumus tersebut dapat disalin hingga satu siklus periode musiman (10 bulan). Hasil penghitungan F_t tanpa data histori ditunjukkan pada Gambar 6.14.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt	St-Winter	Forecast
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287	1.354592	778.3549
25	21	Jan-15							1.324574	907
26	22	Feb-15							0.921765	636
27	23	Mar-15							1.100824	766
28	24	Apr-15							1.530603	1073
29	25	May-15							0.749106	529
30	26	Jun-15							0.483235	344
31	27	Jul-15							0.401792	288
32	28	Aug-15							0.841832	608
33	29	Sep-15							1.291597	939
34	30	Oct-15							1.353241	991

Gambar 6. 14 Hasil Peramalan Tanpa Data Histori

Langkah-langkah peramalan di atas dilakukan pula untuk meramalkan permintaan pada Kabupaten lain.

6.10.2 Penentuan *Error* Hasil Peramalan dengan Menggunakan MAPE

Setelah mendapatkan hasil peramalan permintaan, dilakukan penentuan *error* hasil peramalan dengan menggunakan MAPE untuk mengukur akurasi metode peramalan. Penentuan *error* hasil peramalan dilakukan dengan menggunakan data realisasi penjualan tahun 2013 dan 2014.

Dalam mengukur akurasi metode peramalan dengan MAPE, terlebih dahulu dilakukan penghitungan nilai *error* dengan rumus $E_t = F_t - D_t$, dimana E_t adalah nilai *error* pada periode t , F_t adalah nilai peramalan pada periode t , dan D_t adalah nilai aktual pada periode t . Sehingga, untuk periode 1 rumus yang digunakan adalah =C5-J5. Rumus tersebut dapat disalin hingga periode terakhir. Hasil penghitungan *error* hasil peramalan dengan menggunakan MAPE ditunjukkan pada Gambar 6.15.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt	St-Winter	Forecast	Error
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158	5.267	1.324581	627.2836	-272.284
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203	476.4626	5.263	0.921772	439.4848	-29.4848
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384	481.6779	5.263	1.100832	530.2997	-5.29966
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615	5.268	1.530616	745.3197	79.6803
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071	493.4757	5.276	0.749116	369.1119	55.88815
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.64999	500.489	5.293	0.483257	241.0253	83.97472
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285	506.3241	5.298	0.4018	203.2233	21.77666
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529	510.3669	5.286	0.841821	430.6944	-105.694
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471	515.7224	5.287	1.291608	666.0213	8.978683
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078	521.5257	5.292	1.353265	705.0629	69.93707
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539	529.1316	5.315	1.318864	694.8006	305.1994
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342	534.8014	5.318	0.921159	492.3105	32.68955
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281	540.1696	5.319	1.100723	594.5226	5.477435
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609	544.9023	5.313	1.532235	835.8164	-89.8164
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161	549.3784	5.305	0.750238	412.7923	-62.7923
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452	5.285	0.484918	268.9761	-93.9761
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225	5.279	0.402226	224.4544	-24.4544
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113	564.1005	5.293	0.83977	472.5403	117.4597
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122	5.292	1.29178	735.5316	-10.5316
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287	1.354592	778.3549	-78.3549

Gambar 6. 15 Hasil Penghitungan *Error* Hasil Peramalan dengan Menggunakan MAPE

Selanjutnya dilakukan penghitungan *percentage error* dengan cara membagi nilai *error* pada periode t dengan nilai aktual pada periode t. Sehingga, untuk periode 1 rumus yang digunakan adalah $=K5/C5$. Rumus tersebut dapat disalin hingga periode terakhir. Hasil penghitungan *percentage error* ditunjukkan pada Gambar 6.16.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	Lt	Tt	St-Winter	Forecast	Error	PE
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158	5.267	1.324581	627.2836	-272.284	-0.767
6	2	Feb-13	410		478.8586466	0.856203	476.4626	5.263	0.921772	439.4848	-29.4848	-0.07191
7	3	Mar-13	525		484.1458647	1.084384	481.6779	5.263	1.100832	530.2997	-5.2996	-0.01009
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615	5.268	1.530616	745.3197	79.6803	0.096582
9	5	May-13	425		494.7203008	0.859071	493.4757	5.276	0.749116	369.1119	55.88815	0.131502
10	6	Jun-13	325	518.75	500.0075188	0.64999	500.489	5.293	0.483257	241.0253	83.97472	0.258384
11	7	Jul-13	225	556.75	505.2947368	0.445285	506.3241	5.298	0.4018	203.2233	21.77666	0.096785
12	8	Aug-13	325	566.25	510.5819549	0.636529	510.3669	5.286	0.841821	430.6944	-105.694	-0.32521
13	9	Sep-13	675	566.05	515.8691729	1.308471	515.7224	5.287	1.291608	666.0213	8.978683	0.013302
14	10	Oct-13	775	558.35	521.156391	1.487078	521.5257	5.292	1.353265	705.0629	69.93707	0.090241
15	11	Jan-14	1000	547.1	526.443609	1.899539	529.1316	5.315	1.318864	694.8006	305.1994	0.305199
16	12	Feb-14	525	538.35	531.7308271	0.987342	534.8014	5.318	0.921159	492.3105	32.68955	0.062266
17	13	Mar-14	600	550.35	537.0180451	1.117281	540.1696	5.319	1.100723	594.5226	5.477435	0.009129
18	14	Apr-14	746	566.1	542.3052632	1.375609	544.9023	5.313	1.532235	835.8164	-89.8164	-0.1204
19	15	May-14	350	564.85	547.5924812	0.639161	549.3784	5.305	0.750238	412.7923	-62.7923	-0.17941
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452	5.285	0.484918	268.9761	-93.9761	-0.53701
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225	5.279	0.402226	224.4544	-24.4544	-0.12227
22	18	Aug-14	590		563.4541353	1.047113	564.1005	5.293	0.83977	472.5403	117.4597	0.199084
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122	5.292	1.29178	735.5316	-10.5316	-0.01453
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287	1.354592	778.3549	-78.3549	-0.11194

Gambar 6. 16 Hasil Penghitungan Percentage Error

Langkah selanjutnya adalah menjadikan nilai *percentage error* menjadi nilai absolut sehingga rumus yang digunakan untuk periode 1 adalah $=ABS(L5)$. Rumus tersebut dapat disalin hingga periode terakhir. Hasil penghitungan *absolute percentage error* ditunjukkan pada Gambar 6.17.

Berdasarkan hasil penghitungan *error* hasil peramalan Kabupaten Pacitan, nilai MAPE adalah sebesar 18%. Apabila nilai MAPE berada pada *range* 10% sampai dengan 20% maka dapat dikatakan bahwa kemampuan peramalan baik. Berdasar pada Tabel 2.2 maka kemampuan peramalan dapat dikatakan baik.

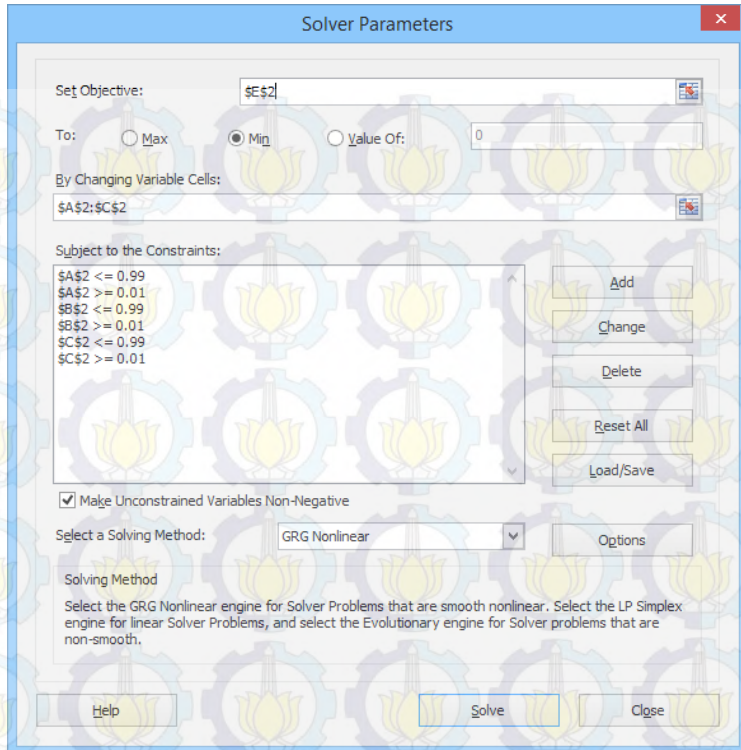
#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
4	Periode	Month	Demand	Deseasonalized	Dt-bar	S-bar	tt	Tt	st Winter	Forecast	Error	PE	APE	
5	1	Jan-13	355		473.5714286	0.749623	471.5158	5.267	1.324581	627.2836	-272.284	-0.767	0.766996	
6	2	Feb-13	410		478.8586406	0.856203	476.4626	5.263	0.921772	439.4848	-29.4848	-0.07191	0.071914	
7	3	Mar-13	525		494.1459647	1.084384	481.6779	5.263	1.100832	530.2997	-5.29966	-0.01009	0.010095	
8	4	Apr-13	825		489.4330827	1.685624	487.4615	5.268	1.530616	245.3197	79.6803	0.096582	0.096582	
9	5	May-13	425		494.7209008	0.859071	493.4757	5.276	0.749116	369.1119	55.88815	0.131503	0.131502	
10	6	Jun-13	325		518.75	0.640999	500.489	5.293	0.483257	241.0253	83.97472	0.250384	0.250384	
11	7	Jul-13	225		556.75	0.5052947368	0.445285	506.3241	5.298	0.4018	203.2233	21.77666	0.096785	0.096785
12	8	Aug-13	325		566.25	0.5103819549	0.636529	510.3669	5.286	0.841821	430.6944	-105.694	-0.32521	0.325213
13	9	Sep-13	675		568.05	0.515891729	1.308471	513.7234	5.287	1.291008	666.0213	8.798883	0.013302	0.013302
14	10	Oct-13	775		568.35	0.521156491	1.487078	521.5257	5.292	1.853265	705.0629	69.94707	0.096241	0.096241
15	11	Jan-14	1000		547.1	0.528443609	1.899539	529.1316	5.315	1.318864	694.8006	305.1994	0.305199	0.305199
16	12	Feb-14	525		538.35	0.5317308271	0.987342	534.8014	5.318	0.921159	492.2105	32.68955	0.062266	0.062266
17	13	Mar-14	600		550.35	0.5370180451	1.117281	540.1696	5.319	1.100723	594.5226	5.477435	0.009129	0.009129
18	14	Apr-14	746		566.1	0.5423052632	1.375609	544.9023	5.313	1.532235	835.8164	-89.8164	-0.1204	0.120397
19	15	May-14	350		564.85	0.5475924812	0.639161	549.3784	5.305	0.750238	412.7923	-62.7923	-0.17941	0.179407
20	16	Jun-14	175		552.8796992	0.316525	552.7452	5.285	0.484918	268.9761	-93.9761	-0.53701	0.537006	
21	17	Jul-14	200		558.1669173	0.358316	557.4225	5.279	0.402226	224.4544	-24.4544	-0.12227	0.122272	
22	18	Aug-14	590		563.4541953	1.047113	564.1005	5.293	0.83977	472.5403	117.4597	0.399084	0.399084	
23	19	Sep-14	725		568.7413534	1.274745	569.3122	5.292	1.29178	735.5316	-10.5316	-0.01453	0.014526	
24	20	Oct-14	700		574.0285714	1.219451	574.0262	5.287	1.354592	778.4539	-78.4539	-0.11194	0.111936	

Gambar 6. 17 Hasil Penghitungan Absolute Percentage Error

Namun model peramalan yang digunakan belum tentu optimal. Hal ini dikarenakan nilai parameter alfa, beta, dan gamma diberikan secara langsung. Oleh karena itu, dilakukan penentuan nilai optimal parameter alfa, beta, dan gamma agar mendapatkan model peramalan optimal.

6.10.3 Penentuan Nilai Optimal Parameter Alfa, Beta, dan Gamma

Penentuan nilai optimal parameter alfa, beta, dan gamma dilakukan dengan menggunakan *tools Solver* pada *Microsoft Excel*. Pada proses penentuan parameter *solver*, ditentukan variabel tujuan dan batasan. Pada *Set Objective* isikan sel MAPE yaitu \$E\$2 dan pada pilihan To: pilih Min karena fungsi tujuan adalah meminimalkan nilai MAPE. Pada *By Changing Variable Cells* isikan sel dari ketiga parameter yang akan diubah nilainya, yaitu sel A2 (alfa), sel B2 (beta), dan sel C2 (gamma). Kemudian dilakukan penentuan batasan untuk ketiga variabel atau parameter pada *Subject to the Constraints*. Parameter alfa, beta, dan gamma masing-masing memiliki batasan lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 1. Proses penentuan parameter *solver* ditunjukkan pada Gambar 6.18.



Gambar 6. 18 Proses Penentuan Parameter Solver pada Microsoft Excel

Setelah melakukan penentuan nilai optimal parameter alfa, beta, dan gamma dengan *Solver* maka nilai alfa, beta, gamma, dan MAPE yang dihasilkan merupakan nilai yang paling optimal. Namun ternyata nilai alfa, beta, dan gamma yang diinisialisasi sudah merupakan nilai yang optimal, yaitu alfa sebesar 0.01, beta sebesar 0.01, gamma sebesar 0.01, dan MAPE sebesar 18%.

Hasil peramalan permintaan dengan nilai parameter alfa, beta, dan gamma optimal ditunjukkan pada Tabel 6.6.

Tabel 6. 6 Hasil Peramalan Permintaan Tahun 2015

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	907	636	766	1073	529	344	288	608	939	991
Ponorogo	4287	1821	2444	3212	3435	1255	1093	2302	3214	2383
Trenggalek	4086	2036	1404	2250	3546	2206	472	1343	2279	3337
Tulungagung	1898	1987	927	526	1623	1710	671	984	1327	2485
Blitar	3298	2868	1942	1325	1964	2005	1622	1464	2339	2769
Kediri	5661	3535	3256	3826	4744	3379	2620	3931	4647	4029
Malang	4312	3535	2696	2010	2265	2163	2406	3969	3646	4338
Lumajang	731	708	394	401	489	380	330	315	443	315
Jember	4987	3192	1944	3059	3907	3666	2794	3280	4301	2437
Banyuwangi	2927	3232	1794	2520	2277	2588	2726	2339	2466	1288
Bondowoso	581	626	394	516	661	458	390	577	418	487
Situbondo	697	625	410	380	448	475	316	657	476	517
Probolinggo	683	777	320	447	650	445	355	440	510	365
Pasuruan	335	305	149	132	184	99	86	59	30	0
Sidoarjo	110	56	41	55	124	60	49	25	8	0



Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Mojokerto	2336	1662	1564	1614	1880	1760	1797	1854	2432	1532
Jombang	1919	1016	517	1352	1997	1267	635	744	1193	802
Nganjuk	4117	2009	2900	5235	3910	4045	3370	4002	4332	1968
Madiun	2413	571	2664	4242	1623	657	1991	2671	1386	1278
Magetan	2202	1717	4037	2762	1965	1515	2337	3120	2400	2695
Ngawi	1880	2868	5313	3493	1673	1934	3826	3106	1644	3228
Bojonegoro	4245	2912	3784	5642	2483	1608	1794	1686	2761	4126
Tuban	2683	1374	1627	1972	1378	1565	1012	1148	1453	1865
Lamongan	4141	1781	3721	5049	3581	2973	2362	2654	2224	3216
Gresik	1115	312	688	1294	774	407	542	526	382	596

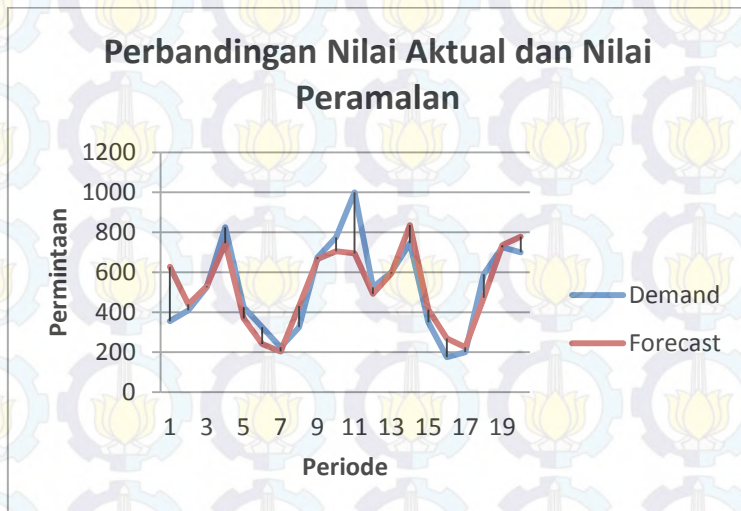
Hasil penentuan *error* peramalan, alfa, beta, dan gamma optimal ditunjukkan ditunjukkan pada Tabel 6.7.

Tabel 6. 7 Nilai MAPE, Alfa, Beta, dan Gamma Optimal

Wilayah	MAPE	Alfa	Beta	Gamma
Pacitan	18%	0.01	0.01	0.01
Ponorogo	17%	0.048543	0.01	0.01
Trenggalek	25%	0.048348	0.99	0.01
Tulungagung	15%	0.01	0.01	0.01
Blitar	7%	0.068269	0.99	0.01
Kediri	8%	0.01	0.01	0.01
Malang	18%	0.01	0.01	0.01
Lumajang	14%	0.01	0.01	0.01
Jember	12%	0.01	0.01	0.01
Banyuwangi	15%	0.01	0.01	0.01
Bondowoso	25%	0.01	0.06217	0.01
Situbondo	22%	0.01	0.044268	0.01
Probolinggo	17%	0.010254	0.521877	0.01
Pasuruan	31%	0.99	0.017711	0.01
Sidoarjo	61%	0.24281	0.274735	0.454417
Mojokerto	9%	0.01	0.01	0.01
Jombang	12%	0.01	0.01	0.01
Nganjuk	17%	0.01	0.01	0.01
Madiun	17%	0.01	0.99	0.01
Magetan	13%	0.010422	0.99	0.01
Ngawi	16%	0.01	0.169373	0.01
Bojonegoro	13%	0.362885	0.026175	0.01
Tuban	15%	0.01	0.01	0.01
Lamongan	16%	0.021597	0.01	0.01
Gresik	18%	0.102054	0.01	0.01

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata nilai MAPE peramalan adalah sebesar 18% sehingga dapat dikatakan bahwa kemampuan peramalan baik. Beberapa wilayah memiliki nilai MAPE yang tinggi karena tidak dipengaruhi oleh faktor seasonal. Selain itu, data historis yang digunakan hanya 2 siklus periode musiman (2 tahun), sehingga kemampuan peramalan dapat ditingkatkan apabila dilakukan penambahan periode data historis.

Grafik perbandingan data realisasi penjualan Kabupaten Pacitan dan hasil peramalannya dengan menggunakan nilai parameter alfa, beta, dan gamma optimal ditunjukkan pada Gambar 6.19.



Gambar 6. 19 Grafik Perbandingan Nilai Aktual dan Nilai Peramalan

Hasil peramalan permintaan digunakan sebagai masukan dalam memberikan rekomendasi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke gudang penyangga pada tahun 2015 dengan menggunakan model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) yang telah dijelaskan pada sub bab 6.5.

6.11 Pemberian Rekomendasi Jumlah Produk yang Harus Didistribusikan

Pada proses ini, optimasi dilakukan sesuai dengan model FMOLP yang disesuaikan dengan proses distribusi PT. Petrokimia Gresik. Model tersebut dapat diaplikasikan apabila terdapat data persediaan, permintaan, dan alokasi. Data permintaan yang digunakan untuk memberikan rekomendasi jumlah produk yang harus didistribusikan pada tahun 2015 adalah data hasil peramalan permintaan. Sedangkan data persediaan dan alokasi diasumsikan sama dengan tahun sebelumnya. Hasil penghitungan optimasi dengan model FMOLP untuk tahun 2015 ditunjukkan pada Tabel 6.8.

Tabel 6. 8 Solusi Tingkat Kepuasan Pengambil Keputusan, Biaya, dan Waktu Distribusi Optimal untuk Tahun 2015

Bulan	L	Biaya	Waktu
Januari	0.8476	Rp156.210.117	6.120 jam 45 menit
Februari	0.9437	Rp108.155.817	4.324 jam 31 menit
Maret	0.9483	Rp105.863.745	4.113 jam 23 menit
April	0.9286	Rp115.678.970	4.505 jam 25 menit
Mei	0.9308	Rp114.595.925	4.480 jam 22 menit
Juni	0.9706	Rp94.689.461	3.787 jam 29 menit
Juli	0.9925	Rp86.353.094	3.417 jam 11 menit
Agustus	0.9415	Rp109.231.036	4.280 jam 49 menit
September	0.9315	Rp114.250.547	4.566 jam 13 menit
Oktober	0.9311	Rp114.436.266	4.470 jam 12 menit

Berdasarkan Tabel 6.8, nilai L adalah sebesar 0.93662 sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi terpenuhi pada level 0.93662 dari skala 0 sampai dengan 1. Solusi jumlah produk yang harus didistribusikan dari gudang Gresik ke masing-masing gudang penyangga di wilayah Jawa Timur untuk tahun 2015 ditunjukkan pada Tabel 6.9.

Tabel 6. 9 Solusi Jumlah Produk yang Harus Didistribusikan dari Gudang Gresik ke Masing-Masing Gudang Penyangga Tahun 2015

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Pacitan	958	654	768	1042	524	351	298	642	939	1006
Ponorogo	4526	1871	2449	3119	3400	1279	1133	2429	3216	2418
Trenggalek	4314	2092	1407	2185	3510	2248	489	1417	2280	3386
Tulungagung	2004	2042	929	511	1607	1743	695	1038	1328	2521
Blitar	3482	2947	1946	1286	1944	2043	1681	1545	2340	2810
Kediri	5976	3632	3263	3715	4696	3443	2715	4148	4649	4088
Malang	4552	3632	2702	1952	2242	2204	2493	4189	3648	4402
Lumajang	772	727	395	389	484	387	342	332	443	320
Jember	5265	3280	1948	2970	3868	3736	2895	3461	4303	2473
Banyuwangi	3090	3321	1798	2447	2254	2637	2825	2468	2467	1307
Bondowoso	613	643	395	501	654	467	404	609	418	494
Situbondo	736	642	411	369	443	484	327	693	476	525
Probolinggo	721	798	321	434	643	453	368	464	510	370
Pasuruan	354	313	149	128	182	101	89	62	30	0

Wilayah	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
Sidoarjo	116	58	41	53	123	61	51	26	8	0
Mojokerto	2466	1708	1567	1567	1861	1794	1862	1957	2433	1554
Jombang	2026	1044	518	1313	1977	1291	658	785	1194	814
Nganjuk	4346	2064	2906	5083	3871	4122	3492	4223	4334	1997
Madiun	2547	587	2670	4119	1607	670	2063	2819	1387	1297
Magetan	2325	1764	4046	2682	1945	1544	2422	3293	2401	2735
Ngawi	1985	2947	5325	3391	1656	1971	3965	3278	1645	3275
Bojonegoro	4481	2992	3792	5478	2458	1639	1859	1779	2762	4187
Tuban	2832	1412	1631	1915	1364	1595	1049	1212	1454	1892
Lamongan	4372	1830	3729	4902	3545	3030	2448	2801	2225	3263
Gresik	2121	586	1114	1871	1360	415	562	555	382	1299

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, dijelaskan mengenai kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan yang lebih baik.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses-proses yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini maka ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, diantaranya adalah:

1. Metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) mampu menjadi metode penyelesaian untuk kasus multi tujuan dalam lingkungan *fuzzy*, yang mana dalam tugas akhir ini terkait pengoptimalan perencanaan distribusi produk.
2. Hasil optimasi dengan menggunakan model *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) berupa jumlah produk yang harus didistribusikan setiap bulannya dari gudang Gresik untuk masing-masing gudang penyangga di wilayah Jawa Timur.
3. Dengan adanya hasil optimasi, PT. Petrokimia Gresik dapat mengetahui jumlah produk yang harus didistribusikan agar dapat memenuhi permintaan distributor namun tidak melebihi persediaan di gudang Gresik maupun alokasi yang telah ditetapkan.
4. Metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP) menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk proses pengambilan keputusan *fuzzy* dan memungkinkan pengambil keputusan untuk memodifikasi data atau parameter *fuzzy*, salah satunya merupakan modifikasi interval derajat keanggotaan *piecewise linear*.

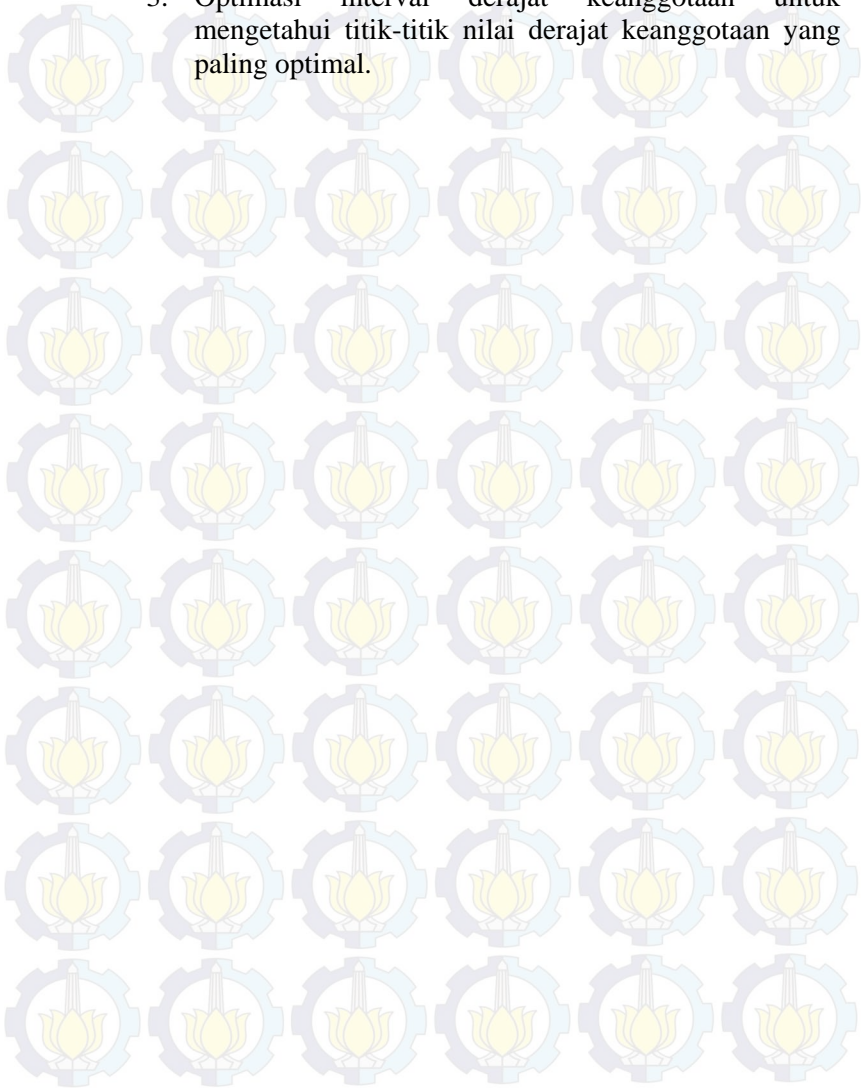
5. Peningkatan interval derajat keanggotaan *piecewise linear* untuk masing-masing fungsi tujuan akan mempengaruhi peningkatan tingkat kepuasan pengambil keputusan.
6. Pada hasil penghitungan dengan menggunakan *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming*, salah satu solusi dari fungsi tujuan berkemungkinan untuk memiliki nilai yang lebih besar apabila dibandingkan dengan hasil penghitungan *single objective linear programming* karena penghitungan FMOLP mengoptimalkan kedua fungsi tujuan secara bersamaan sehingga solusi yang dihasilkan merupakan solusi yang paling optimal untuk kedua fungsi tujuan.
7. Rata-rata solusi tingkat kepuasan pengambil keputusan yang dihasilkan pada tugas akhir ini adalah sebesar 0.93662 sehingga dapat dikatakan bahwa fungsi tujuan meminimalkan biaya distribusi dan meminimalkan waktu distribusi terpenuhi pada level 0.93662 dari skala 0 sampai dengan 1.
8. Peramalan permintaan dengan menggunakan metode *Winter (Triple Exponential Smoothing)* dapat menjadi masukan dalam melakukan optimasi dengan metode *Fuzzy Multi-Objective Linear Programming* (FMOLP).
9. Rata-rata nilai MAPE peramalan permintaan adalah sebesar 18% sehingga dapat dikatakan bahwa kemampuan peramalan baik

7.2 Saran

Untuk pengembangan yang lebih baik pada penelitian optimasi perencanaan distribusi produk maka ada beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya,, diantaranya adalah:

1. Penambahan batasan lainnya, misalnya kapasitas produksi.

2. Penambahan fungsi tujuan yang bertentangan, misalnya memaksimalkan keuntungan perusahaan.
3. Optimasi interval derajat keanggotaan untuk mengetahui titik-titik nilai derajat keanggotaan yang paling optimal.



Halaman ini sengaja dikosongkan

